



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

SIEMENS
Ingenuity for life

Nová mobilita – vysokorychlostní dopravní systémy
a dopravní chování populace, CZ.02.1.01/0.0/0.0/16_026/0008430

Vnitrostátní plán ČR v oblasti energetiky a klimatu a jeho naplňování v dopravě

MU Brno, 6.11. 2019

Jiří Pohl, Siemens Mobility, s.r.o.

člen Výboru pro udržitelnou energetiku Rady vlády ČR pro udržitelný rozvoj

člen Výboru pro udržitelnou dopravu Rady vlády ČR pro udržitelný rozvoj

Motivace

Zajistit dopravu osob a věcí, stejně jako zajistit energii pro obyvatelstvo i podnikání patří k základním funkcím státu. Avšak obě tyto činnosti jsou spojeny s negativními vnějšími projevy (externalitami), které je potřeba minimalizovat.

Cíl

Zajistit dopravu a energetiku udržitelným způsobem, tedy bez použití fosilních paliv, která při spalování produkují globální emise oxidu uhličitého, nevratně měnících klima na Zemi i lokální emise jedovatých látek, poškozujících lidské zdraví. Avšak dopravu při tom neomezovat, ale rozvíjet a tím umožnit aktivní zapojení celé plochy území státu do systému společné tvorby a spotřeby hodnot.

Nástroje

Řešením je bezemisní udržitelná multimodální mobilita osob a věcí, pojatá jako služba (MAAS) založená na kooperaci a komplementárnosti jednotlivých dopravních modů. Ta je založena na inovativních technologiích v oblasti dopravní, energetické a informační infrastruktury i dopravních prostředků.

Zdroje

Základními zdroji financí pro budování systému bezemisní udržitelné multimodální mobility osob a věcí jsou úspory externích nákladů, spojených s spojených se současným pojetím dopravy, a zvýšení ekonomických aktivit osob a regionů.

Minulost

95 % obyvatelstva pracovalo v zemědělství, docházková vzdálenost na pole určila historickou strukturu osídlení (systém vesnic a malých měst)

Současnost

2 % obyvatelstva pracuje v zemědělství

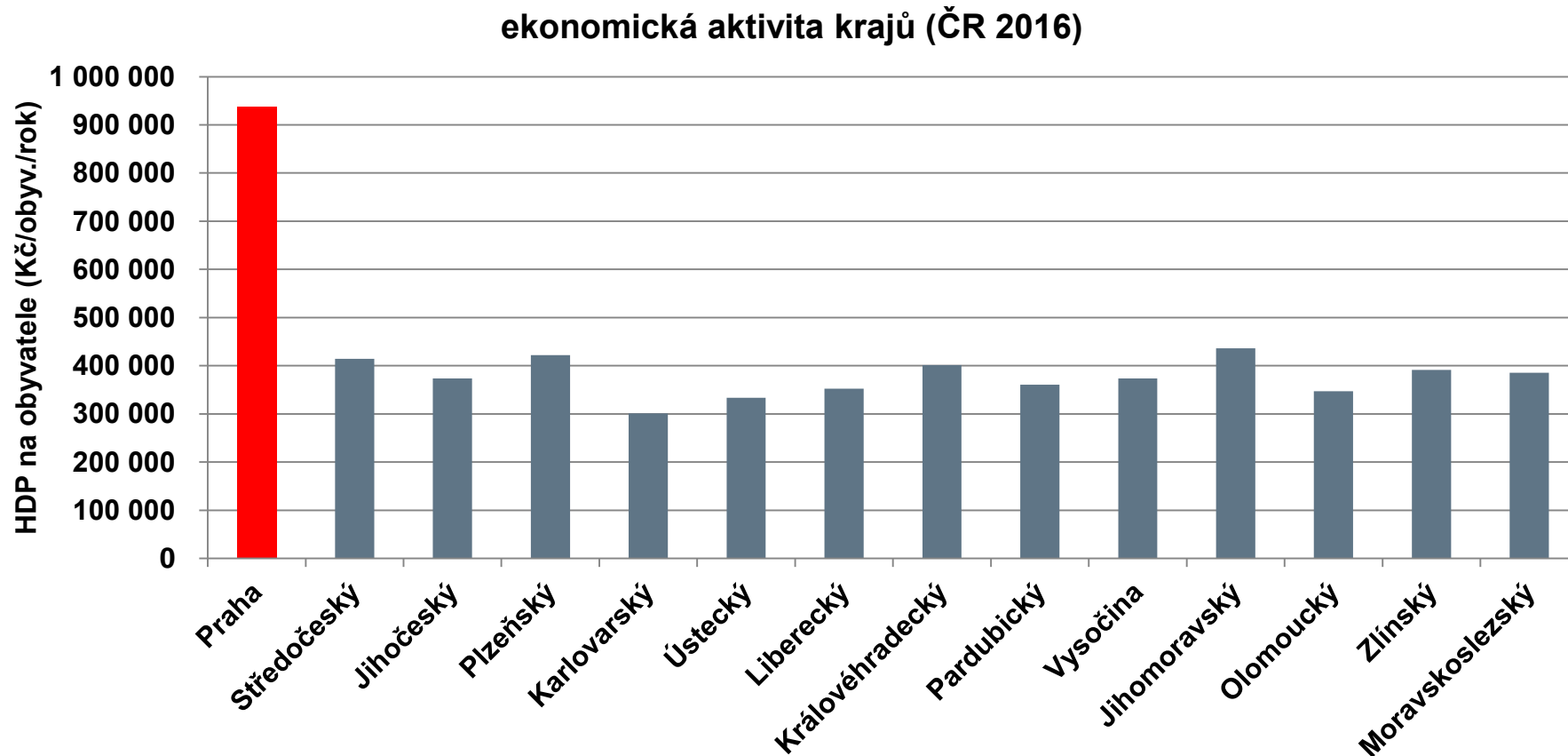
Výhoda z rozsahu vede ke koncentraci veškerých aktivit (výroba, služby, vzdělání, zdravotnictví, kultura, sport, ...) do velkých měst a jejich okolí (koncentrace osídlení a dekoncentrace koncentrovaného osídlení – suburbanizace).

Výsledkem je polarizace společnosti:

- vznikla bohatá, silně osídlená, vzdělaná, mladá, zaměstnaná a rozvíjející se města (včetně jim přilehlého venkova),**
- vznikl chudnoucí, postupně vysídlovaný, méně vzdělaný, stárnoucí, málo zaměstnaný a celkově klesající odlehlý venkov (včetně jemu přilehlých městeček).**

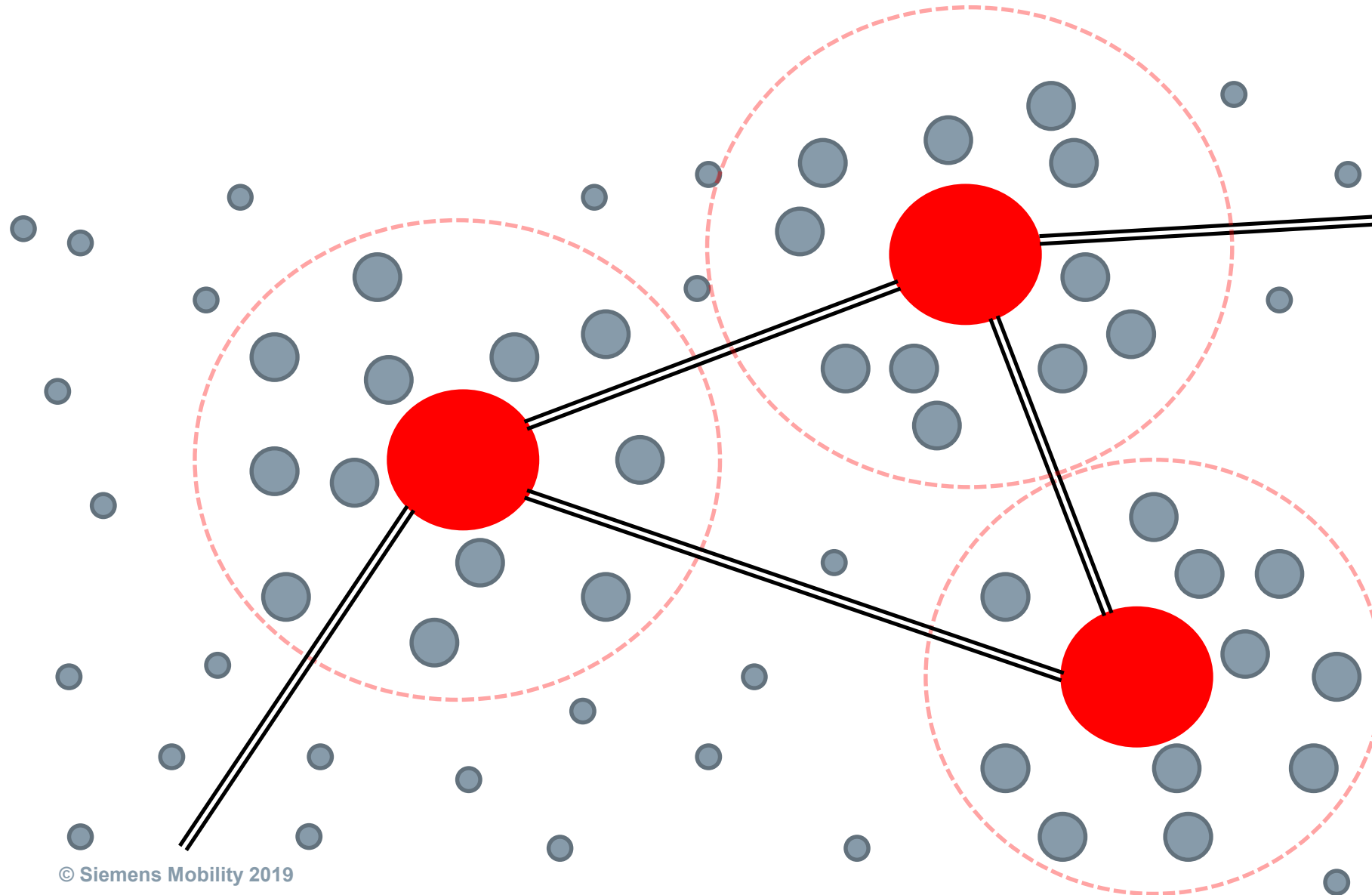
Hranicí mezi prosperitou a útlumem je izochrona denního dojíždění do velkých měst.

Tendence ke vzniku nezdravé monocentrické struktury osídlení se projevují i v ČR. Přirozená silná pozice hlavního města se utužuje koncentrací společenských a hospodářských aktivit i osídlení. Praha se růstem svých ekonomických aktivit stále více vzdaluje od ostatních krajů ČR.



Řešení: zdravá polycentrická struktura osídlení

SIEMENS
Ingenuity for life



Cíl: zapojit celé území státu do systému tvorby a spotřeby hodnot.

Výrazným nástrojem harmonického územního rozvoje je přechod od monocentrické k polycentrické struktuře.

Podmínkou fungování polycentrické struktury je funkční komunikace mezi regiony.

Podmínka funkčnosti polycentrické struktury: komunikace



Komunikace má dvě formy:

- přenos informací (telematika),
- přenos osob a věcí (doprava).

Přenos informací zaznamenal v průběhu posledních let zásadní pokrok. Informace se podařilo oddělit o hmoty (papíru, filmu, ...) a jsou přenášeny formou kombinace nul a jedniček v elektromagnetickém poli.

V podobně mobilních telefonů, internetu a dalších forem se moderní informační technologie rychle rozšířily po celém světě.

Fyzikální podmínky jsou příznivé:

- informace se v elektronické podobě šíří rychlostí světla,
- spotřeba energie je zcela minimální,
- není potřeba budovat liniové stavby (stačí bodové).

Přenos informací moderními elektronickými technologiemi má velmi vysokou rychlost a nízkou energetickou náročnost. Proto se může rozvíjet velmi intenzivně i na velké vzdálenosti do odlehlých území (mobilní telefonní sítě, internet, ...)

Podmínka funkčnosti polycentrické struktury: doprava

Doprava osob a zboží po rozsáhlejších území však naráží na dva limity:

- časovou náročnost (nepřímo úměrnou rychlosti: $T = L / v$),
- energetickou náročnost (úměrnou druhé mocnině rychlosti: $A = L \cdot k \cdot v^2$)

Avšak lidská společnost potřebuje takové formy mobility, které jsou:

- rychlé,
- energeticky nenáročné.

⇒ společenská poptávka: jezdit rychle a přitom energeticky nenáročně (se spotřebou energie kolem 0,05 kWh/os km), tedy používat:

- pohon s vysokou účinností (kolem 90 %) ,
- vozidla s nízkým valivým odporem (valivý odpor cca 1 ‰),,
- vozidla s nízkým aerodynamickým odporem (dlouhá, štíhlá, společně prorážející vzduch).

Realita je však jiná. Nejrozšířenějším dopravním prostředkem je automobil, který je:

- pomalý (cestovní rychlost jen málo přes 100 km/h – vysoká časová náročnost cestování),
- energeticky velmi náročný (vysoká spotřeba energie, cca 0,5 kWh/os km):
 - používá spalovací motor, který umí využít jen 1/3 energie paliva a neumí znovu využívat brzdovou energii
 - má vysoké ztráty valením (valivý odpor cca 8 ‰),
 - má vysoký aerodynamický odpor (krátké vozidlo samostatně prorážející vzduch).

Transfer oxidu uhličitého

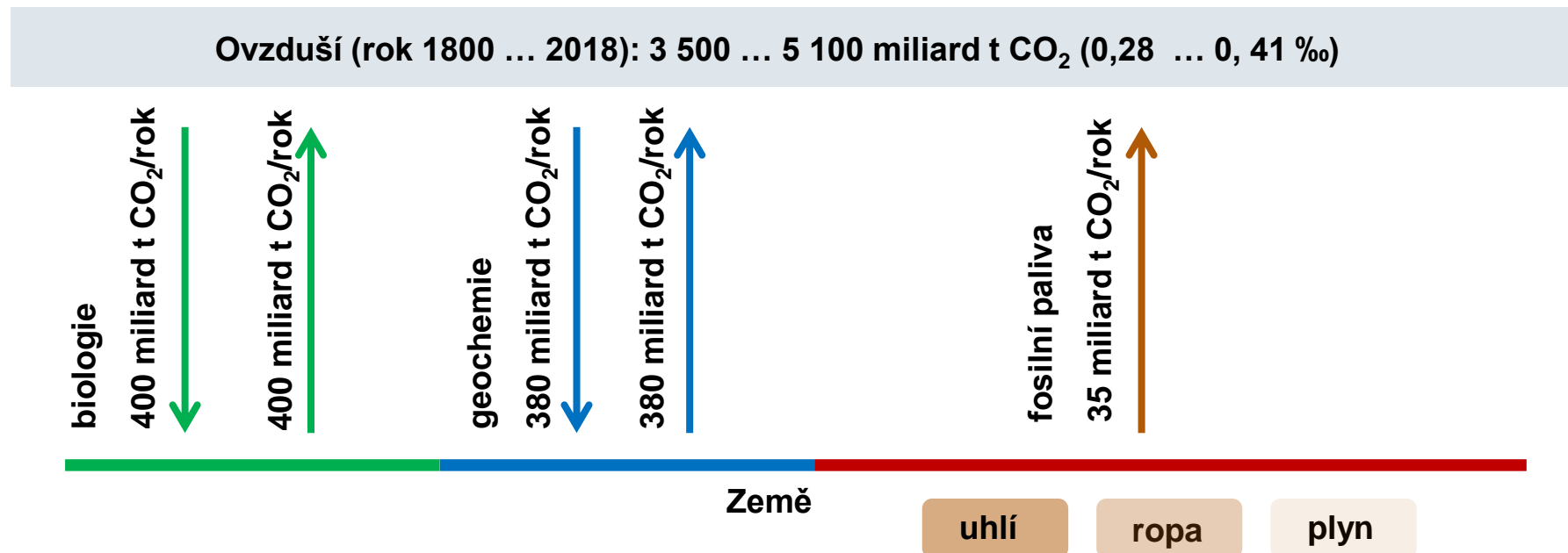
Přírodní procesy každoročně z ovzduší odebírají a do ovzduší navracejí 400 + 380 = 780 miliard t CO₂/rok.

Od doby objevu používání fosilních paliv (uhlí, ropa, plyn) se díky lidské (antropogenní) činnosti dostávají do ovzduší velká (a stále větší) množství CO₂, vzniklého spalováním fosilních paliv – uhlí, ropy a zemního plynu.

Oxid uhličitý, potřebný pro jejich tvorbu, byl z atmosféry pozvolna odebrán před zhruba 200 miliony let.

Nyní je s milionkrát větší intenzitou oxid uhličitý, vzniklý spalováním uhlí, ropných produktů a zemního plynu, předáván z podzemí do ovzduší (aktuálně: 35 miliard t CO₂/rok).

Spalováním fosilních paliv již bylo zvýšeno množství CO₂ v ovzduší z 3 500 o 1 600 na 5 100 mil.t.



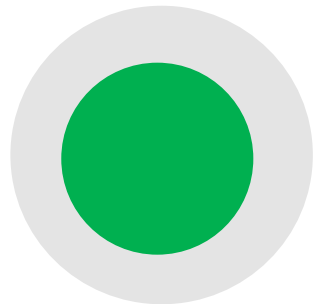
Důsledky spalování fosilních paliv (skleníkový efekt)

Vlivem spalování fosilních paliv stále roste koncentrace oxidu uhličitého v zemském obalu. Zemská atmosféra má tepelně izolační schopnost. Přes noc uchovává teplo. Oxid uhličitý, podobně jako ostatní skleníkové plyny, propouštějí na zemi sluneční záření, ale absorbují tepelné záření vycházející ze země do vesmírného prostoru.

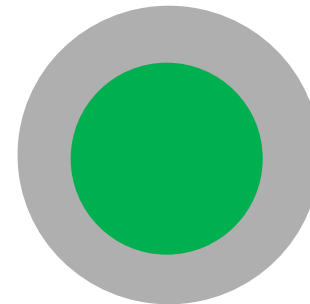
Již koncem 19. století spočítal pozdější nositel Nobelovy ceny Swante Arrhenius, že zvýšení koncentrace CO₂ v atmosféře povede ke zvýšení teploty ovzduší.

Nejde jen o růst střední teploty, ale o růst výkyvů.

Ilustrují to statistiky pojišťoven – roste riziko poškození věcí přírodními vlivy.



Ovzduší (rok 1800):
3 500 miliard t CO₂
koncentrace 0,28 ‰
výchozí teplota

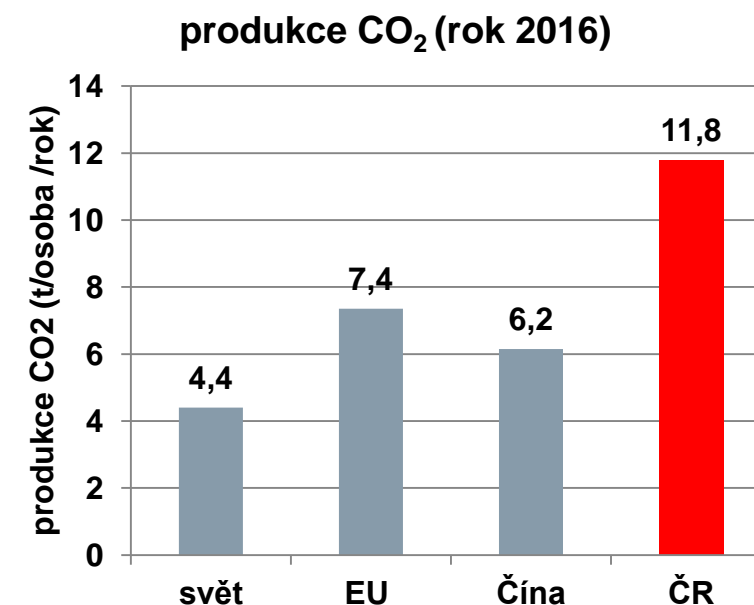


Ovzduší (rok 2018):
5 100 miliard t CO₂
koncentrace 0,41 ‰
výchozí teplota zvýšená o 1 ° C

Obyvatelstvo Země si je vědomo negativních důsledků spalování fosilních paliv na nežádoucí změny klimatu a na poškozování zdraví lidí.

Proto téměř 200 států světa přistoupilo k Pařížské dohodě o zastavení růstu oteplení Země na hodnotě 1,5 až 2 °C. To znamená zcela přestat do roku 2050 používat uhlí, ropu i zemní plyn a nahradit je bezemisními zdroji.

Energetická bilance ČR - předpoklad roku 2020					
Vnitrostátní plán ČR v oblasti energetiky a klimatu (str. 248)					
	spotřeba energie	spotřeba energie	střední výkon	výkon na obyvatele	energie na obyvatele
	PJ/rok	TWh/rok	GW	kW/obyv.	kWh/obyv./den
uhlí	664	184	21	2,0	48
ropa	370	103	12	1,1	27
zemní plyn	288	80	9	0,9	21
fosilní paliva	1 322	367	42	4,0	95
primární spotřeba	1 813	504	57	5,4	131
konečná spotřeba	1 002	278	32	3,0	72
konečná spotřeba elektřiny	214	59	7	0,6	15

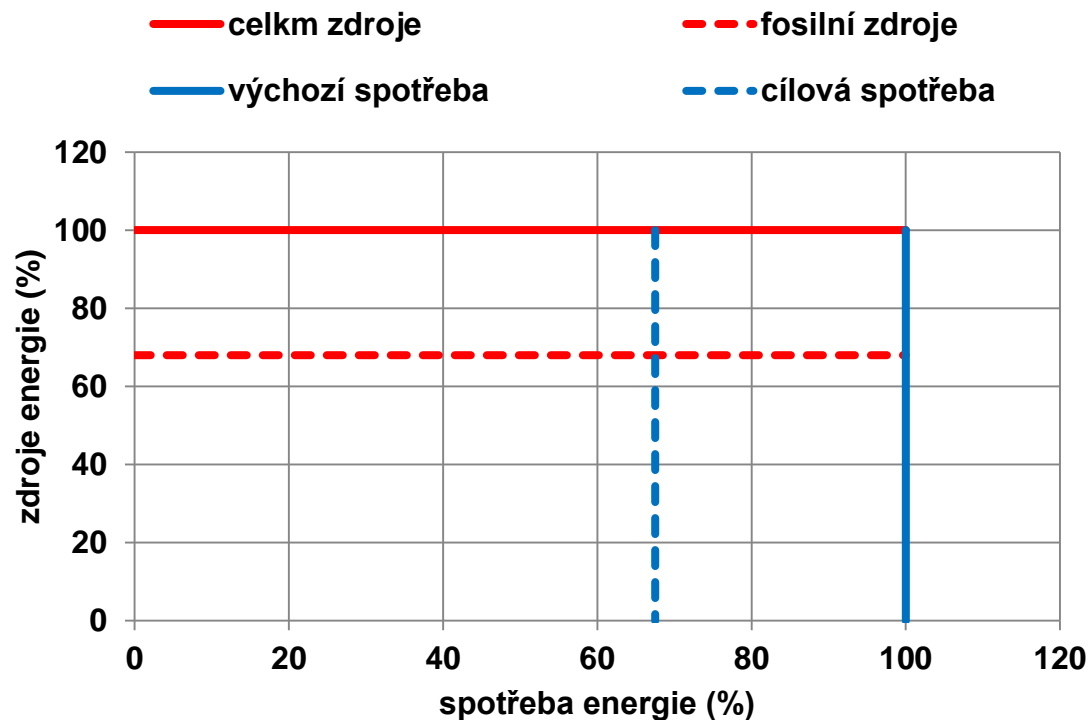


=> každému občanu ČR trvale někde hoří 4 kW ohniček fosilních paliv

Zimní energetický balíček EU

- do roku 2030 zvýšit energetickou účinnost o 32,5 %,
- do roku 2030 zvýšit podíl obnovitelných zdrojů energie na 32 %

politika EU v oblasti energetiky a klimatu do roku 2030



motivace/benefity:

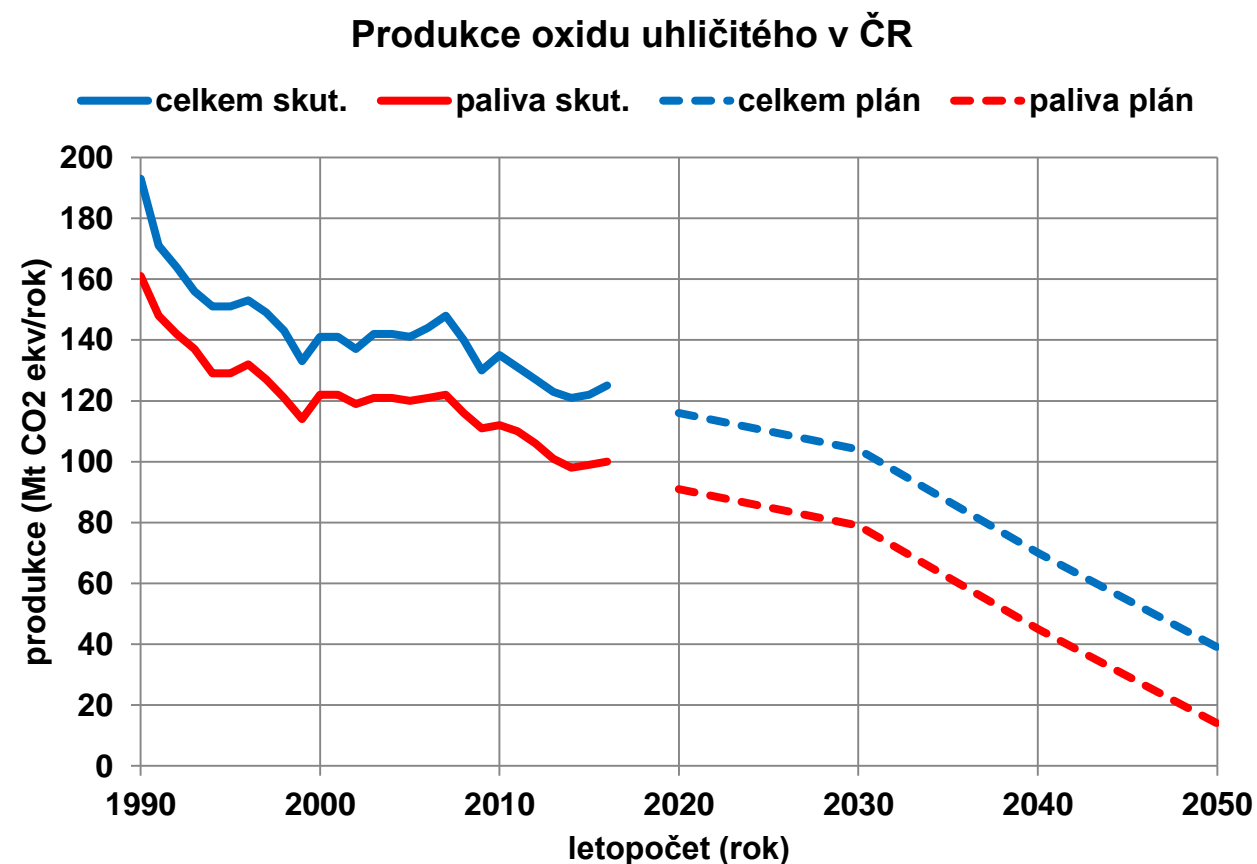
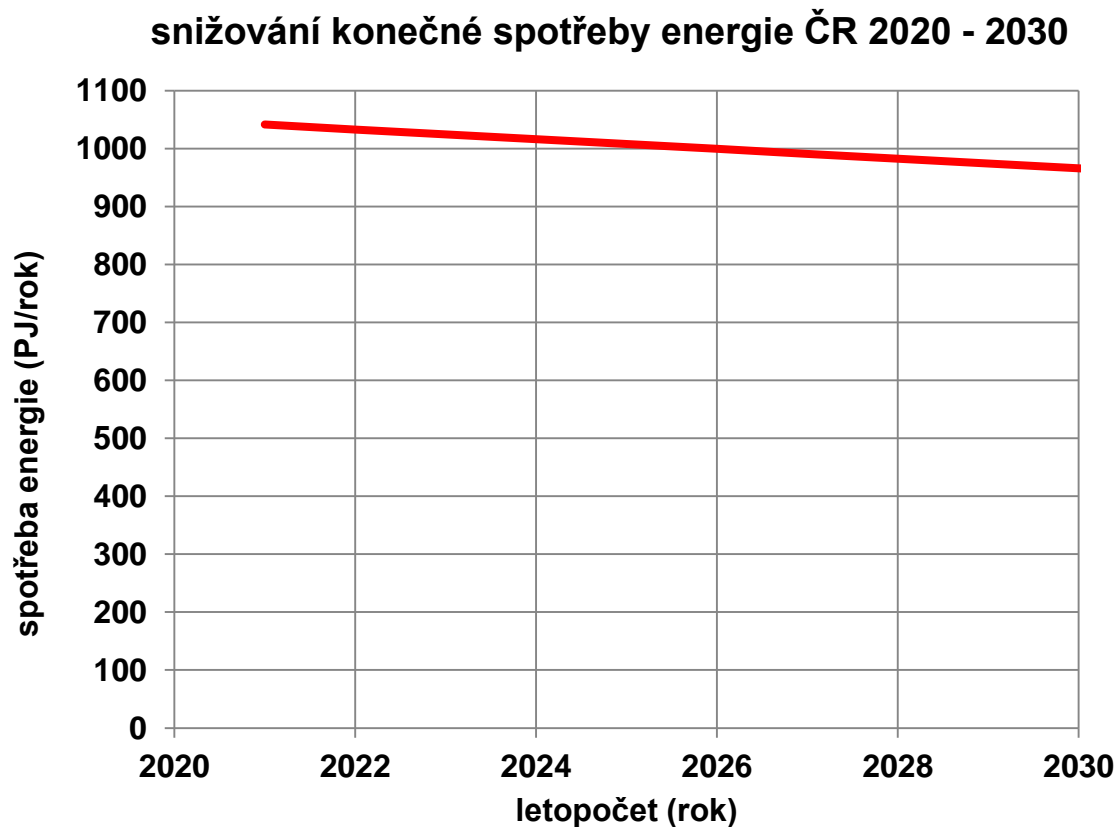
- vybudování udržitelného energetického systému,
- zastavení klimatických změn,
- ozdravení ovzduší,
- orientace průmyslu na progresivní technologie,
- úspora nákladů na energie

Vnitrostátní plán ČR v oblasti energetiky a klimatu do roku 2030

Cíle ČR v oblasti energetiky a klimatu

Snížit konečnou spotřebu energie mezi roky 2020 a 2030 o 8 %, z 1 050 PJ/rok na 966 PJ/rok, tedy o 84 PJ/rok.
=> je potřeba snižovat spotřebu tempem o 0,8 %/rok (8,4 PJ/rok²)

Snížit produkci CO₂ mezi roky 2020 a 2030 o 10 %, ze 116 Mt/rok na 104 Mt/rok, tedy o 12 Mt/rok.
=> je potřeba snižovat produkci tempem o 1 %/rok (1,2 Mt/rok²)

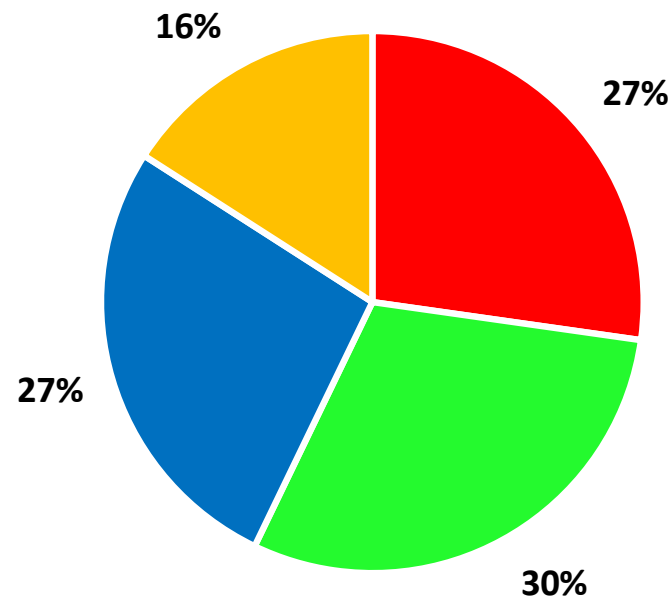


Struktura konečné spotřeby energie v ČR

Doprava je v ČR velmi významným a trvale rostoucím konečným spotřebitelem energie

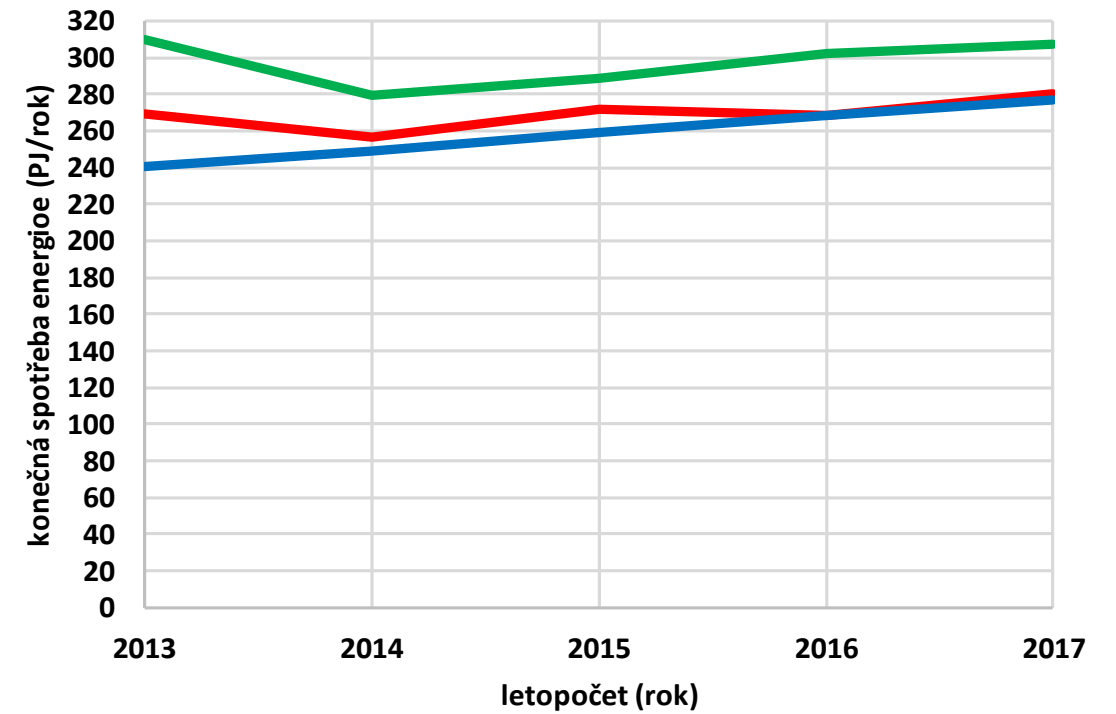
struktura konečné spotřeby energie v ČR v roce 2017

■ průmysl ■ domácnosti ■ doprava ■ ostatní



konečná spotřeba energie v ČR

— průmysl — domácnosti — doprava



Realita vývoje spotřeby energie a produkce oxidu uhličitého v ČR

SIEMENS

Ingenuity for life

Spotřeba energie - trend 2013 - 2016:

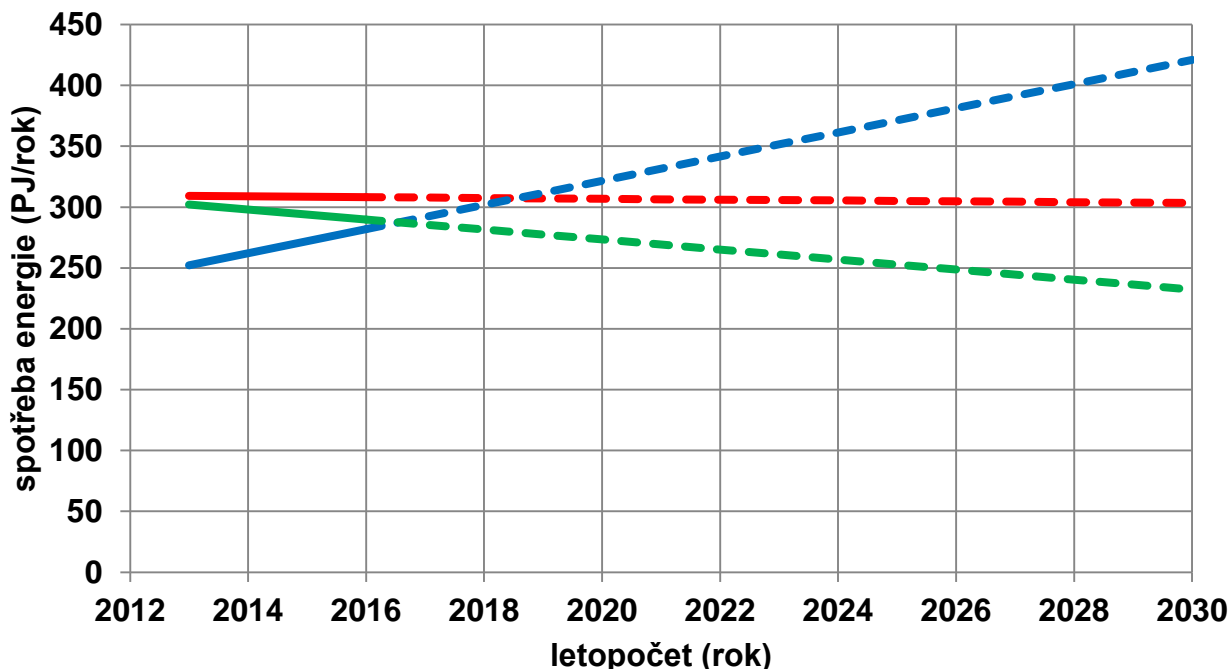
- průmysl a domácnosti: pokles
- doprava: růst 10 PJ/rok² (3,8 %/rok)

Produkce CO₂ trend 2000 - 2016:

- průmysl a domácnosti: pokles
- doprava: růst

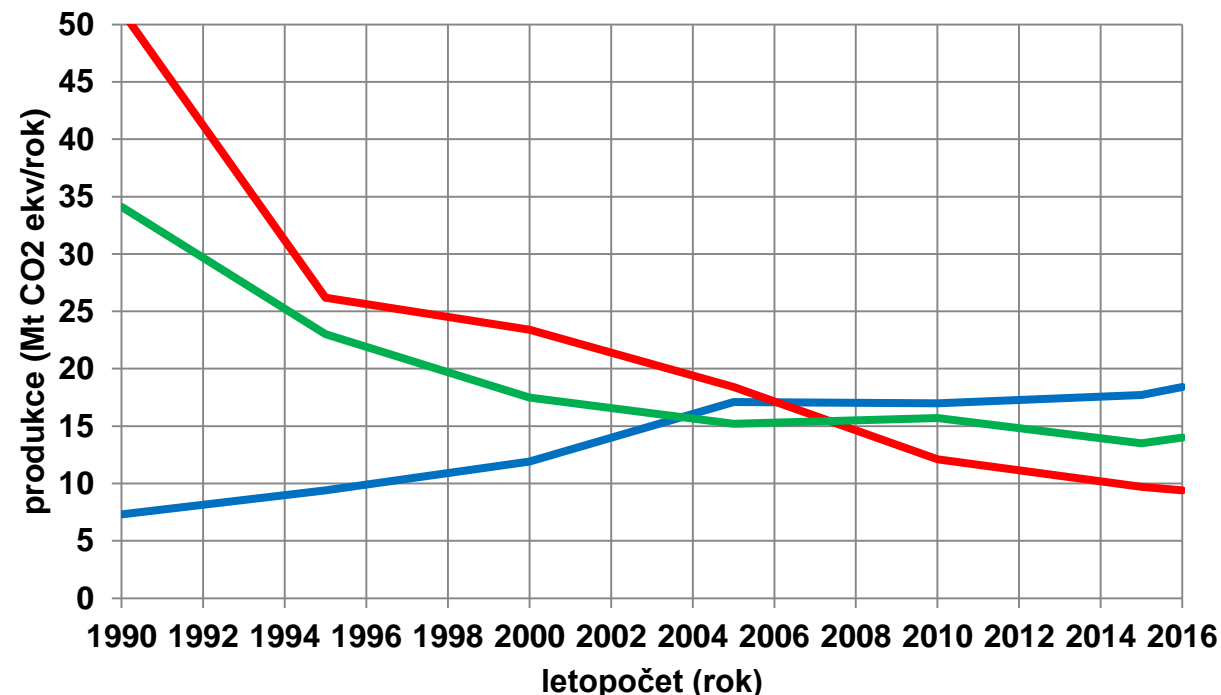
struktura konečné spotřeby energie v ČR

— průmysl — doprava — domácnosti
 - - - - - prům. Extrap. - - - - - dopr. Extrap. - - - - - dom. extrap



Produkce oxidu uhličitého v ČR – mimo energetiku

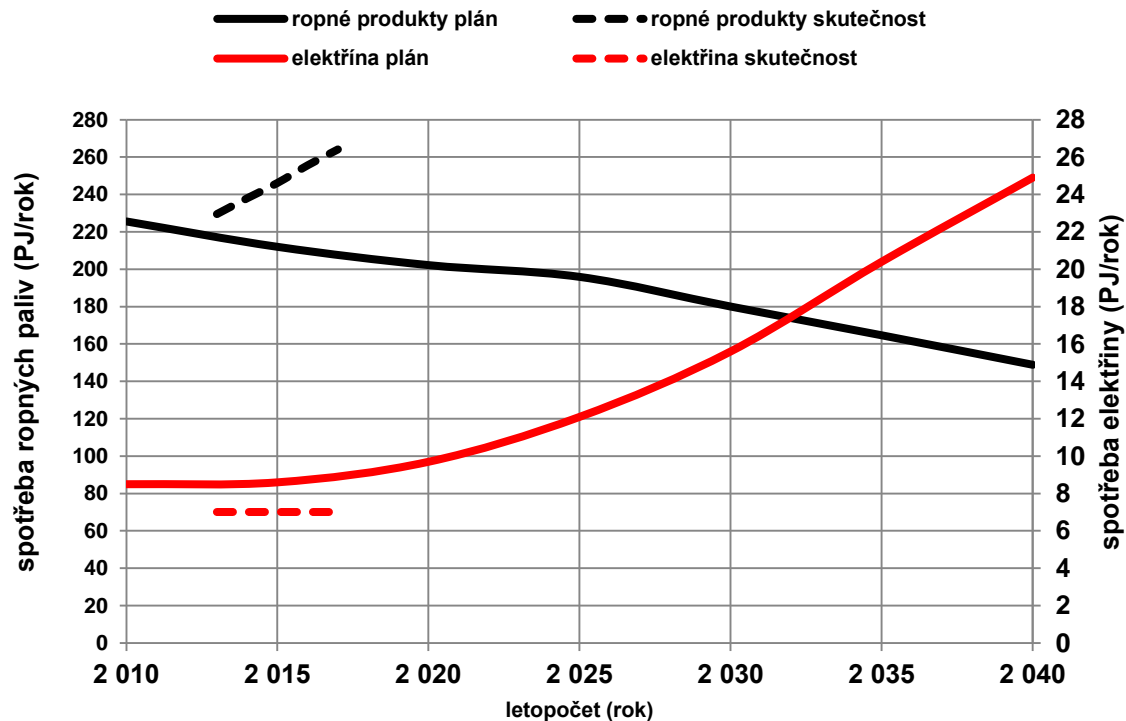
— paliva doprava — paliva průmysl — paliva ostatní



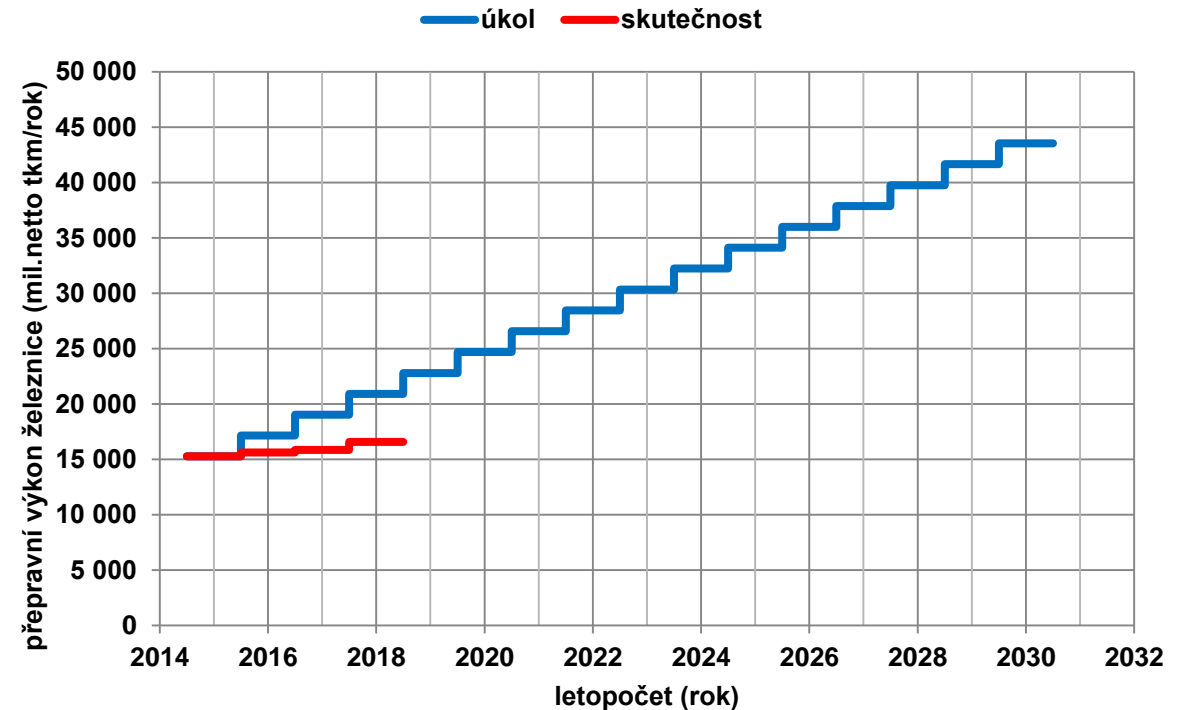
V dopravě je nutno kromě úspory energie - 0,8 % / rok v první řadě zastavit dosavadní růst + 3,8 % / rok !

Strategické řídicí dokumenty ČR v oblasti dekarbonizace dopravy nejsou plněny. Nejde jen o porušování smluv, kterými je ČR vázána na mezinárodní úrovni, ale zejména o poškozování zdraví lidí a o snižování hodnoty nemovitostí a živností v lokalitách blízko komunikací.

**spotřeba energie pro dopravu v ČR
(usnesení vlády č. 362/2015)**



**převod nákladní dopravy ze silnic na železnice podle
Národního plánu snižování emisí (usnesení vlády č. 978/2015)**



Energie pro dopravu

Spotřeba energie pro dopravu je velmi vysoká, činí v ČR 20 kWh/obyvatele/den.

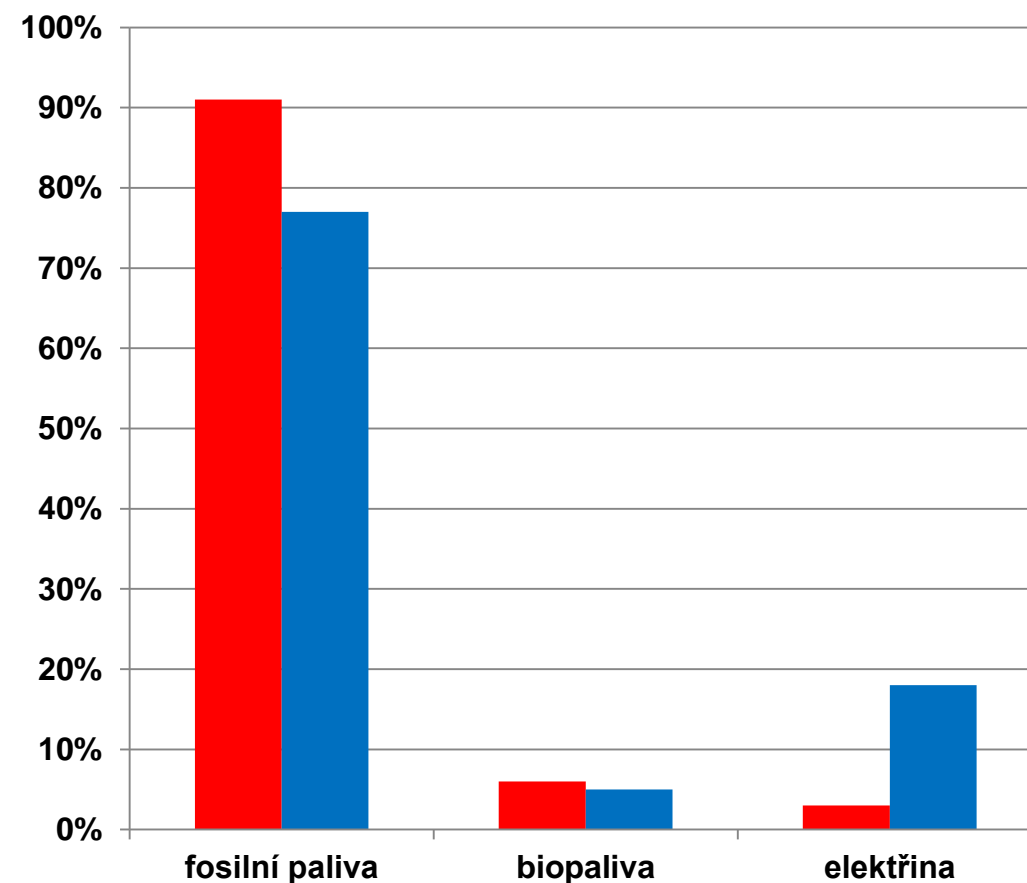
Struktura spotřeby energie pro dopravu je v ČR velmi nezdravá:

- fosilní paliva 92 % (zajišťují 77 % přepravních výkonů),
- biopaliva 6 % (zajišťují 5 % přepravních výkonů),
- elektřina 2 % (zajišťuje 18 % přepravních výkonů).

Produkce CO₂ dopravu v ČR (aktuálně kolem 21 Mt/rok) již přesáhla ukládání CO₂ do dřeva ve všech lesích na území ČR (18,5 Mt/rok).

ČR: struktura energií pro dopravu

■ spotřeba energie ■ přepravní výkon



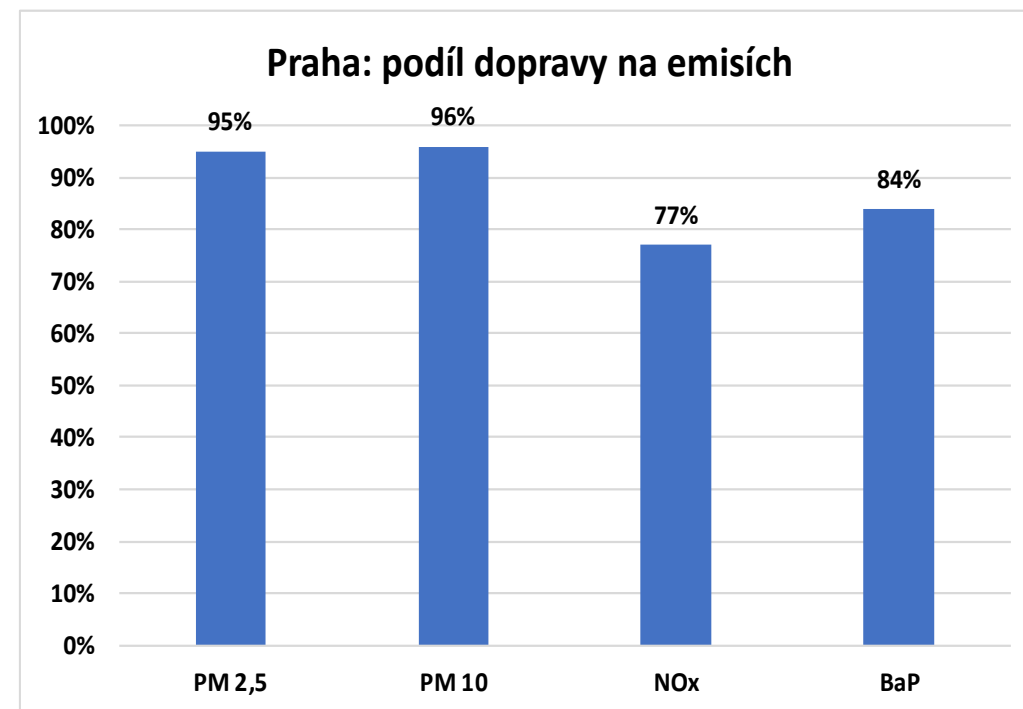
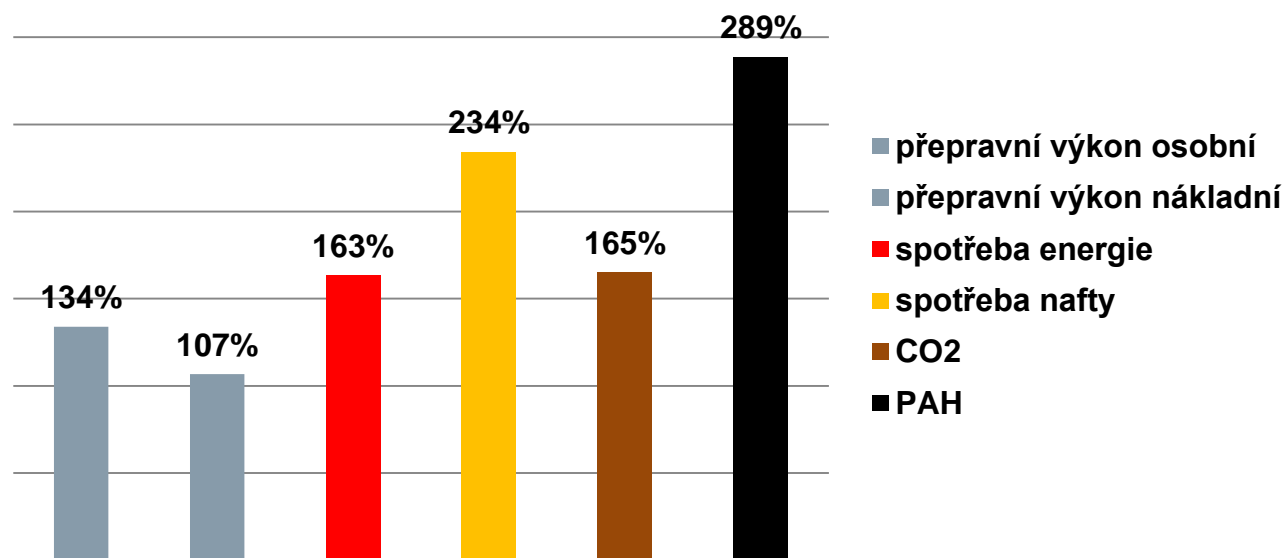
Vliv dopravy na životní prostředí

Dosavadní vývoj v oblasti dopravy v ČR je extenzivní – spotřeba nafty i exhalace rostou rychleji než přepravní výkony

Kritický je zejména růst emisí polyaromatických uhlovodíků (PAH), zejména benzo (a) pyrenu a jemných prachových částic PM 1 a PM 2,5, které nejsou limitovány emisními třídami EURO.

Počet obětí znečištěného ovzduší je násobně vyšší než počet obětí dopravních nehod.

vývoj dopravy v ČR v letech 2000 až 2017 (2000 = 100 %)



Energetická bilance dopravy v ČR (rok 2020 – výchozí bod Národního plánu v oblasti energetiky a klimatu)

Spalovací motory: nízká účinnost tepelného (Carnotova) cyklu – na mechanickou práci se přemění jen cca 30 % energie paliva, zbylých 70 % energie paliva se mění ve ztrátové teplo.

- 30 % energie pracuje,
- 100 % energie paliva je nutno zaplatit,
- 100 % paliva se promění CO₂ a mění klima,
- 100 % produkuje toxické látky (NO_x, PM, PAH, ...) a poškozují lidské zdraví.

spotřeba energie v dopravě310 PJ/rok (86 TWh/rok)

spotřeba energie paliv v dopravě303 PJ/rok (84 TWh/rok) (100 %)

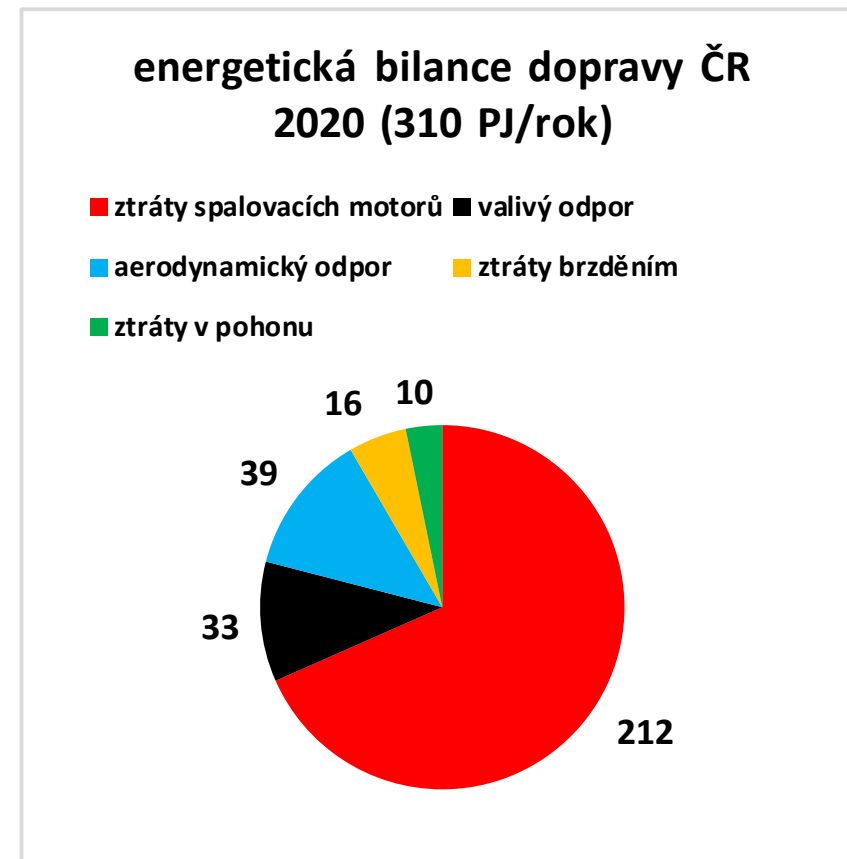
energie pro pohon vozidel z paliv91 PJ/rok (25 TWh/rok) (30 %)

ztrátové teplo v dopravě z paliv..... 212 PJ/rok (59 TWh/rok) (70 %)

⇒ tepelný cyklus (tepelné stroje) používat jen tam, kde lze využít ztrátové teplo,

⇒ tepelný cyklus (tepelné stroje) nepožít v dopravních prostředcích

(nelze využít ztrátové teplo, plus neumí rekuperovat brzdovou energii – nevyužitý potenciál 10 až 30% úspor trakční energie)



Úspory zdrojem energie

Nejefektivnějším zdrojem energie (a to bezemisním) jsou úspory energie.
Snižování konečné spotřeby energie zvyšováním energetické účinnosti je výnosnou investicí.

Doprava (největší a trvale rostoucí konečný spotřebitel energie v ČR)

Výchozí stav

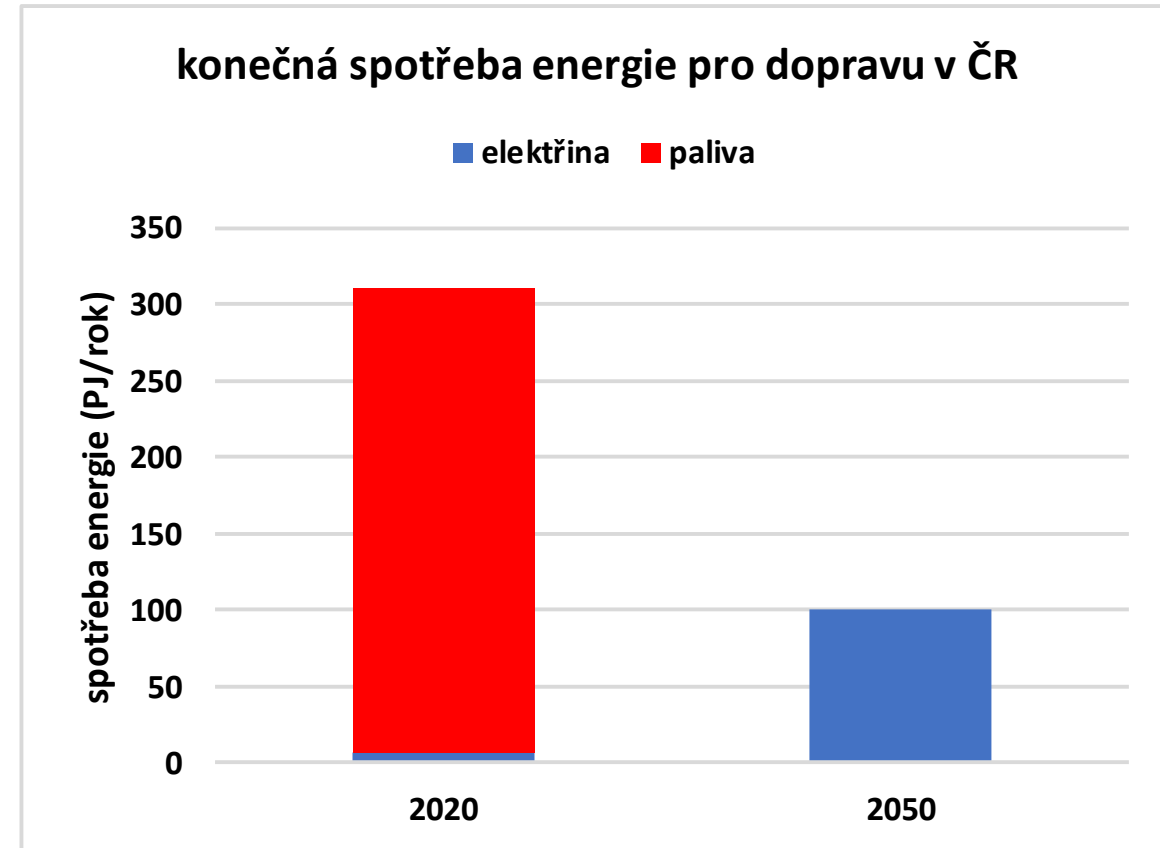
rok 2020: 120 mld. os km/rok, 80 mld. netto tkm/rok

- uhlovodíková paliva 303 PJ/rok (84 TWh/rok), z toho 212 PJ/rok (59 TWh/rok) ztraceno ohřevem výfukových plynů a chladicí vody,
- elektřina 7 PJ/rok (2 TWh/rok),
- celkem 310 PJ/rok (86 TWh/rok)

Cílový stav

rok 2050: 120 mld os km/rok, 80 mld. netto tkm/rok

- uhlovodíková paliva: 0
- elektřina 100 PJ/rok (28 TWh/rok) (výhradně bezemisní zdroje),
- celkem 100 PJ/rok (28 TWh/rok)



Intramodální a extramodální úspory energie v dopravě

Ropná paliva a jejich náhražky tvoří 97 % spotřeby energie pro dopravu v ČR.

Vysoká spotřeba energie v dopravě má proto tři dimenze:

- **ekonomickou** - fosilní paliva se stávají nejdražší energií,
- **klimatickou** - poškozování přírody a životního prostředí klimatickými změnami (globální exhalace CO₂),
- **zdravotní** - poškozování lidského zdraví jedovatými látkami (lokální exhalace PM 1, PM 2,5, NO_x, PAH, ...).

Potenciál úspor energie v dopravě:

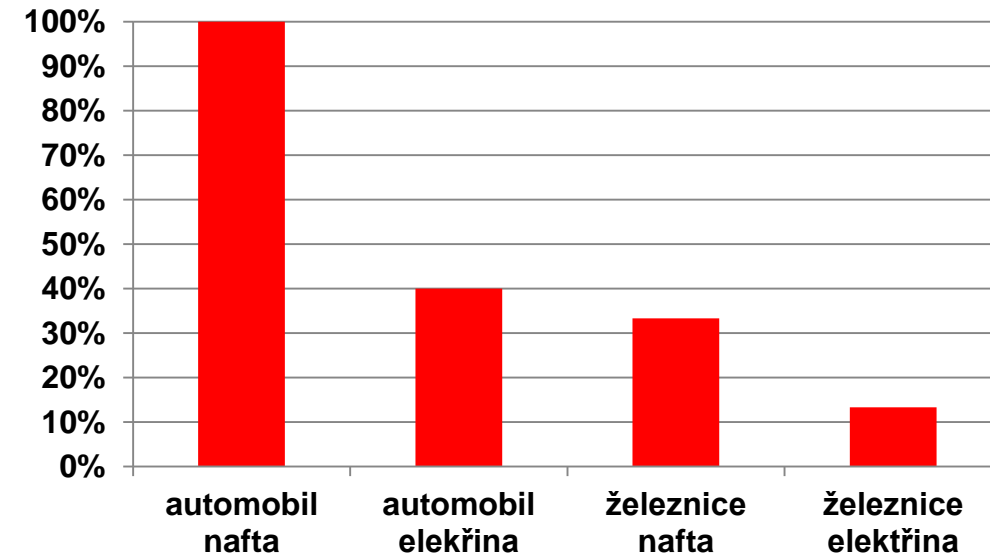
- **intramodální** – úspory technickými inovacemi v rámci určitého druhu dopravy,
- **extramodální** – úspory převodem na energeticky méně náročný druh dopravy.

intramodální úspory jsou reprezentovány především náhradou spalovacího motoru elektrickým s 2,5 krát vyšší účinností,

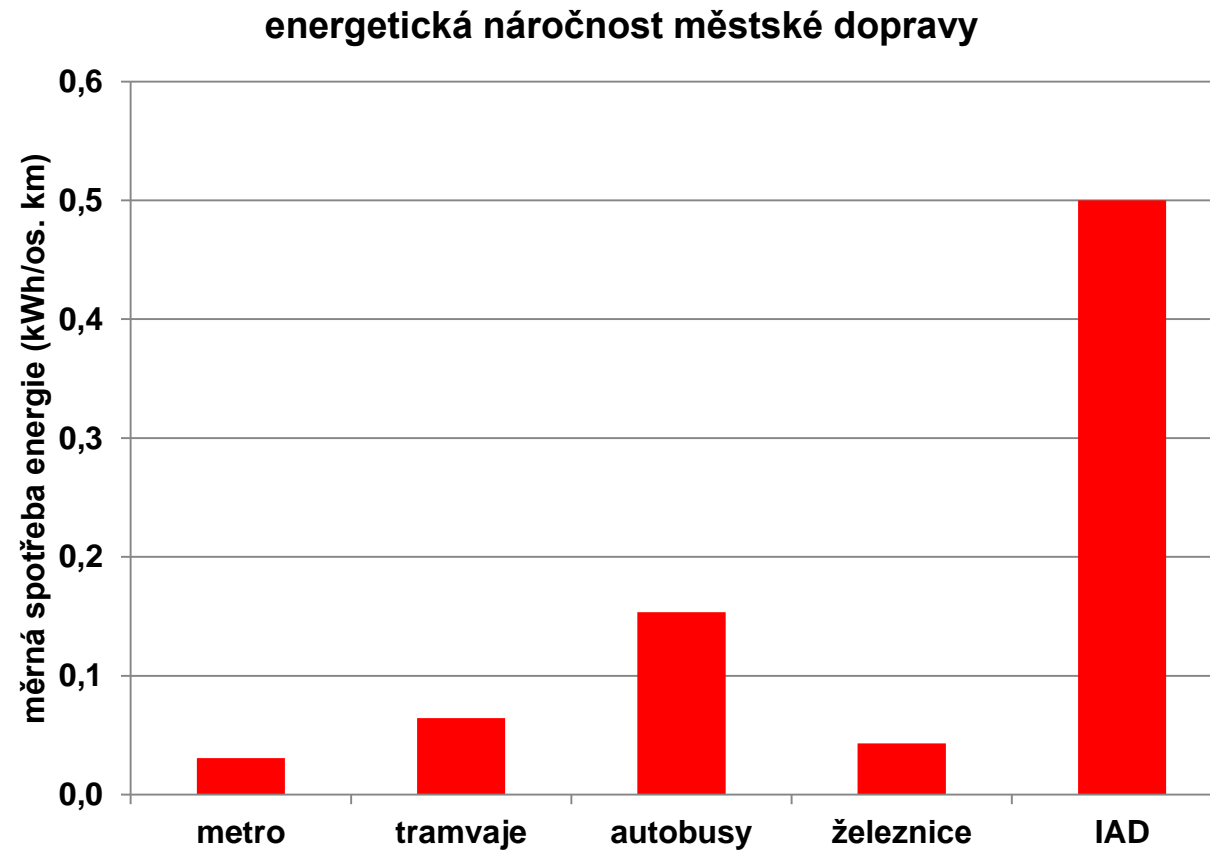
extramodální úspory jsou reprezentovány především převodem silniční dopravy na železniční s 3 krát nižší energetickou náročností (nižší odpor valení, nižší aerodynamický odpor)

=> náhrada automobilů se spalovacími motory elektrickou železnici snižuje energetickou náročnost 7,5 krát, tedy na cca 13 % (úspora 87 %).

poměrná energetická náročnost dopravy



Rozdíly v energetické (a tedy i emisní) náročnosti jednotlivých druhů dopravy jsou zásadní



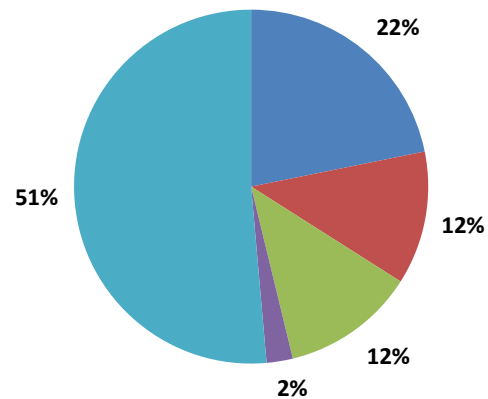
Praha: dvě poloviny

Jedna polovina Pražanů dokáže přizpůsobit svůj denní pohyb systému veřejné hromadné dopravy, druhá nikoliv.

- jedna polovina spotřebuje 12 % energie, druhá polovina spotřebuje 88 % energie,**
- jedna polovina produkuje 7 % emisí, druhá produkuje 93 % emisí,**
- všichni Pražané dýchají týž toxickými emisemi znečištěný vzduch,**
- na všechny Pražany doléhají neblahé důsledky trvalých klimatických změn .**

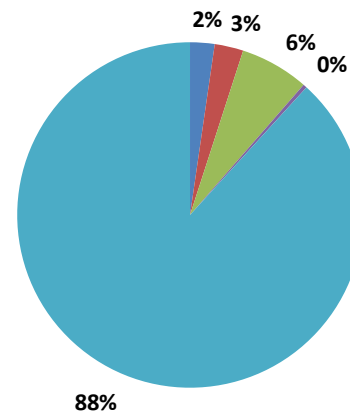
Podíl na přepravních výkonech

metro tramvaje autobusy železnice IAD



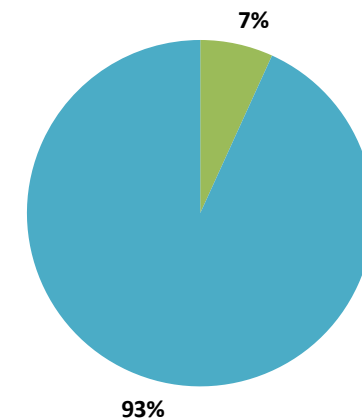
Podíl na spotřebě energie

metro tramvaje autobusy železnice IAD



Podíl na produkci zdraví škodlivých látek

metro tramvaje autobusy železnice IAD



Kapacitní komunikace pro automobily a parkoviště ?

Výsledky matematického modelování, potvrzené zkušenostmi z praxe, jsou jednoznačné: výstavba městských kapacitních komunikací a silničních okruhů vede k růstu intenzity automobilové dopravy spojené s růstem spotřeby a energie a s růstem hluku i exhalací, tedy s poškozováním zdraví obyvatelstva:

- prodlužují se trajektorie jízd automobilů,**
- roste zatížení návazných radiálních komunikací,**
- uvolněné ulice zaplňuje další automobilová doprava,**
- roste poptávka po dalších plochách pro parkování,**
- v důsledku mezioborových externalit klesá atraktivita pěší a hromadné dopravy (auta je zdržují)**

Města nepotřebují kapacitní silniční komunikace, městské okruhy a další parkoviště. Města potřebují kvalitní veřejnou hromadnou dopravu.

Dvacáté století skončilo před 19 lety, je potřeba budovat infrastrukturu pro dopravní prostředky 21. století, nikoliv pro dopravní prostředky 20. století.

Obezita se neléčí nákupem větších kalhot, ale redukční dietou.

Nízká efektivnost individuálně vlastněných osobních automobilů

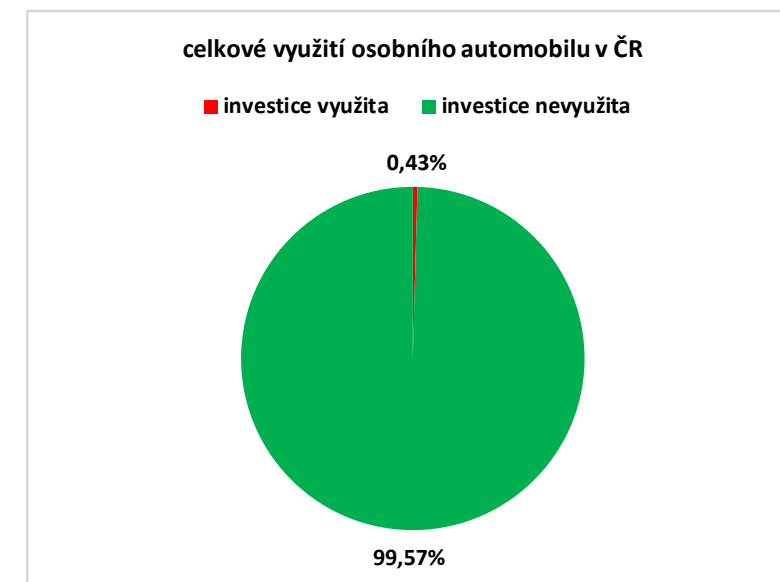
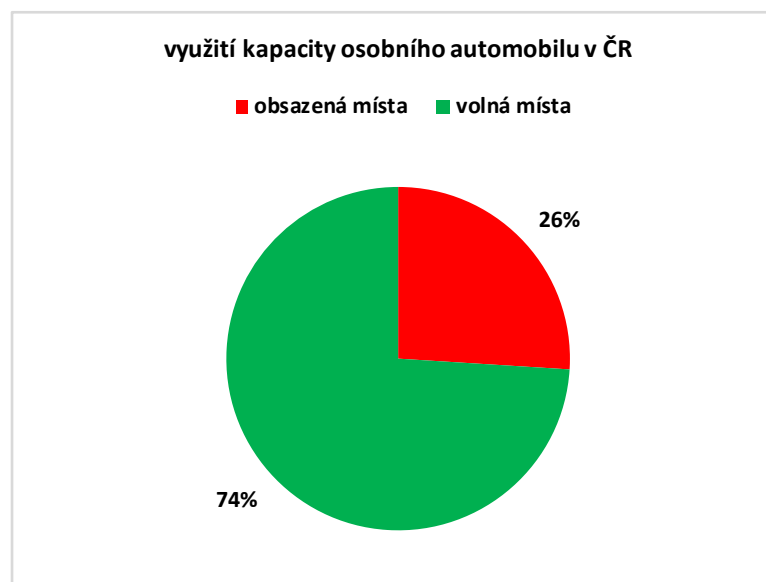
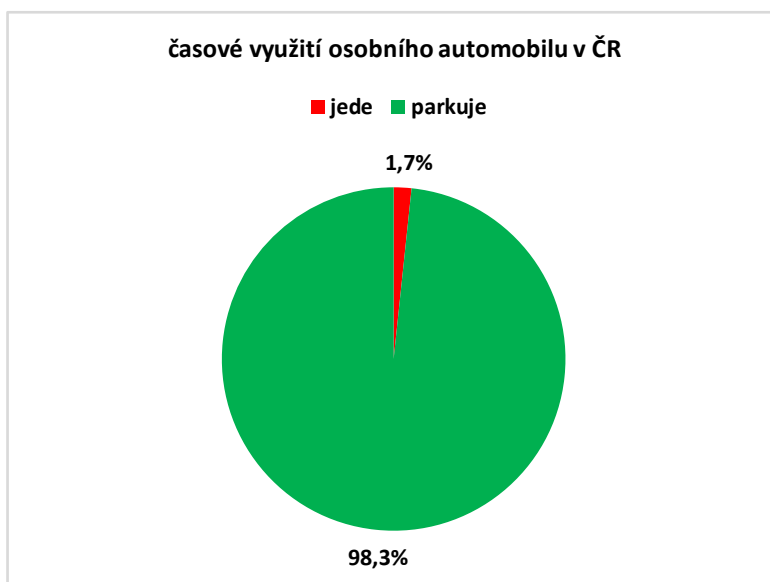
Lidé si kupují automobily zhruba v cenové úrovni své roční mzdy. Každý zaparkovaný automobil představuje rok zbytečné práce nějakého člověka. V ČR v tomto okamžiku parkuje téměř šest milionů osobních automobilů

-osobní automobil je v ČR v průměru využíván 24 minut denně, zbylých 23 hodin a 36 minut překáží, stárne a generuje odpisy.

-Střední časové využití osobního automobilu je $0:24 / 23:36 = 1,7 \%$

-osobní automobil je v ČR v průměru obsazen 1,3 osobami, zbylých 3,7 míst je volných. Střední využití přepravní kapacity osobního automobilu je $1,3 / 5 = 26 \%$

⇒ výsledné využití kapitálu investovaného do pořízení osobního automobilu je $1,7 \% \cdot 26 \% = 0,43 \%$



MAAS – mobility as a services

Aristoteles: bohatství není ve vlastnictví, bohatství je v užití.

Naše babičky k tomu, aby měly dostatek vajec, vlastnily výrobní prostředek – slepice.

Nedovedly si představit slepice nemít. I manželka prezidenta Antonína Zápotockého (1953 – 1957) chovala na pražském hradě slepice.

Slepice nemáme a přesto nedostatkem vajec netrpíme, neboť funguje služba (obchodní síť), která nám je zajišťuje.

Podobné to bude za pár let s automobily. Přemění se z vlastnictví na službu. Moderní osobní automobil 21. století nemá ani spalovací motor, ani volant ani vlastníka. Půjde o jednu z mnoha aplikací na mobilním telefonu.

Vedle veřejné hromadné dopravy vznikne segment veřejné individuální dopravy, který nahradí privátní individuální dopravu.

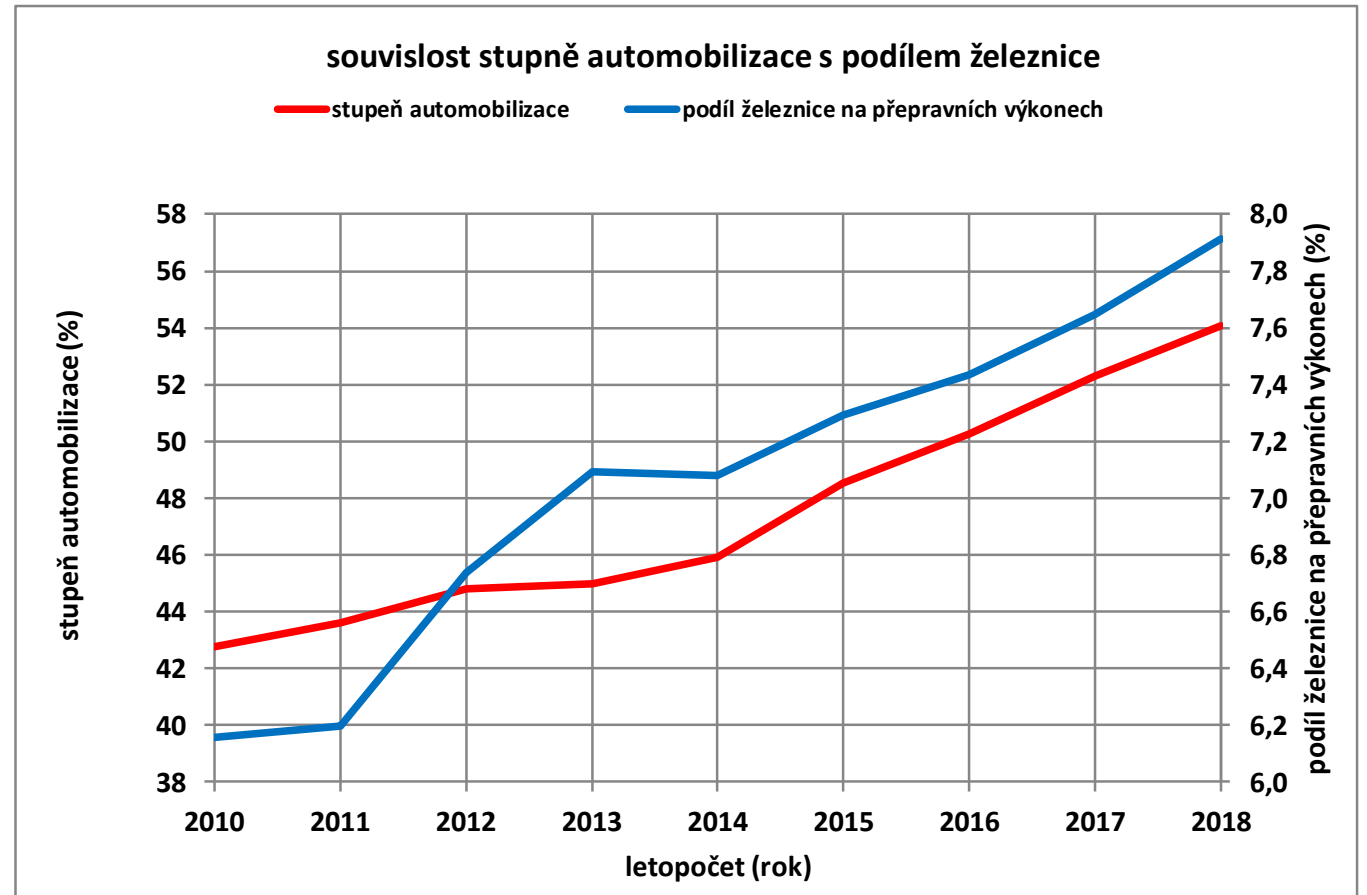
Sdílené elektrické koloběžky ukazují trend dalšího vývoje.



Multimodální mobilita v praxi: růstu stupně automobilizace je provázen růstem podílu železnice na přepravních výkonech

Lidé nechtějí dělat to, co je nebaví:

- neradi chodí pěšky či složitě cestují hromadnou dopravou na nádraží => na nádraží dojedou automobilem,
- neradi dlouho cestují automobilem => na delší cesty volí vlak



Významným nástrojem ke snížení konečné spotřeby energie v dopravě je náhrada vozidel se spalovacími motory elektrickou vozbou:

- snížení spotřeby energie na cca 40 % odstraněním spalovacího motoru, která mění 2/3 energie paliva na ztrátové teplo,
- umožnění rekuperace energie při zastavovacím i spádovém brzdění dále podstatným způsobem snižuje spotřebu energie.

Další efekty elektrické vozby:

- úplné odstranění místně působících zdravotně závadných emisí zplodin hoření (NO_x, PM, PAH),
- v součinnosti s probíhajícími změnami v elektrárenství nezávislost na fosilních palivech, jejichž spalování mění klima produkcí CO₂,
- výrazné zvýšení rychlosti a výkonnosti,
- podstatný pokles nákladů na údržbu.

=> **liniová elektrizace** všech tratí s dálkovou osobní dopravou, intenzivní regionální dopravou či s potenciálem nákladní dopravy i významných silničních komunikací je jasným cílem.

Kromě liniového elektrického napájení (závislá elektrická vozba) umožňuje stav techniky používat i vozidla se zásobníky energie (polozávislá elektrická vozba), a to v podobě:

- **lithiových akumulátorů**,
- **palivových článků**, využívajících stlačený vodík, případně jiný nositel energie.

Rozdílnost účinnosti pohonů

Spalovací motor (nafta, benzín, metan) cca **30 %** (výhřevnost paliva – obvod kol)

Trakční elektromotor plus palivový článek (vodík) cca **60 %** (výhřevnost vodíku – obvod kol)

Trakční elektromotor plus lithiový akumulátor cca **70 %** (distribuční síť 110 kV – obvod kol)

Trakční elektromotor plus liniové trakční vedení cca **80 %** (distribuční síť 110 kV – obvod kol)

⇒ jednoznačná orientace dopravy na elektrickou vozbu v kombinaci liniového napájení a zásobníků energie (plus bonus v podobě rekuperace brzdové energie),

⇒ preference energeticky méně náročné kolejové dopravy,

⇒ liniová elektrizace dopravně silněji zatížených tratí,

⇒ úplný odklon od používání uhlovodíkových paliv, zejména fosilních (benzín, nafta, plyn).

Pro pokrytí energetické spotřeby veškeré dopravy v ČR při její 100 % elektrizaci a převedení části přeprav ze silnice na železnici stačí 100 PJ/rok (28 TWh/rok) elektrické energie.

Tuto energii je schopna vytvořit moderní agrofotovoltaická elektrárna, zároveň chránící pole před suchem (50 % FV panely plus 50 % zemědělská půda s dvojnásobnými srážkami) s FV panely o ploše 14 000 ha vybudovaná na ploše 28 000 ha, což je 7 % osevní plochy řepky olejné v ČR (400 000 ha).

Potenciál energie slunečního záření na území ČR

maximální měrný výkon slunečního záření na povrchu ČR	1,05 kW/m ²
poměr středního a maximálního výkonu slunečního záření	12 %
střední měrný výkon slunečního záření na povrchu ČR	0,126 kW/m ²
střední měrná energie slunečního záření na povrchu ČR	1 105 kWh/m ² /rok
plocha ČR	78 865 km ²
energie slunečního záření na povrchu ČR.....	87 108 miliard kWh/rok (100 %)
konečná spotřeba energie ČR	292 miliard kWh/rok (0,34 %)
střední výkon slunečního záření dopadajícího na ČR	9 937 mil. kW (100 %)
jmenovitý výkon JE Temelín	2 mil. kW (0,02 %)

⇒ na povrch území ČR dopadá energie slunečního záření (ta je základem aktivit všech obnovitelných zdrojů energie, která je 300 násobkem konečné spotřeby energie ČR,

⇒ střední výkon slunečního záření, dopadajícího povrch na území ČR, je téměř 5 000 násobkem výkonu JE Temelín.

Transformace energie slunce pěstováním řepky olejné

Velmi v ČR rozšířeným (pěstební plocha 400 000 ha) obnovitelným zdrojem energie je pěstování řepky olejné

pěstební výnos plodiny 3 200 kg/ha/rok

výtěžnost metylesteru z plodiny 39 %

výhřevnost metylesteru 12 kWh/kg

vlastní spotřeba technologických procesů..... 30 %

čistá měrná tepelná energie metylesteru..... 10 480 kWh/ha/rok

střední účinnost spalovacího motoru 30 %

využitelná měrná tepelná energie metylesteru..... 3 140 kWh/ha/rok

střední měrná energie slunečního záření na povrchu ČR 11 050 000 kWh/ha/rok

výsledná účinnost pěstování a použití metylesteru 0,028 %

spotřeba energie uhlovodíkových paliv pro dopravu v ČR (2020) 84 TWh/rok

plocha polí pro pokrytí spotřeby paliv pro dopravu metylesterem 8 020 000 ha

plocha orné půdy ČR 3 000 000 ha

poměr potřebné plochy řepkových polí k ploše orné půdy ČR 267 %

⇒ energie slunečního záření je k pohonu vozidel spalovacími motory transformací přes pěstování řepky využívána jen z 0,028 %,

⇒ metylester řepkového oleje není cestou k zajištění energetických potřeb obnovitelnými zdroji. Pro úplné pokrytí spotřeby paliv v dopravě by bylo nutno pěstovat řepku pro spalovací motory na téměř trojnásobku plochy orné půdy ČR.

Transformace energie slunce fotovoltaickou přeměnou

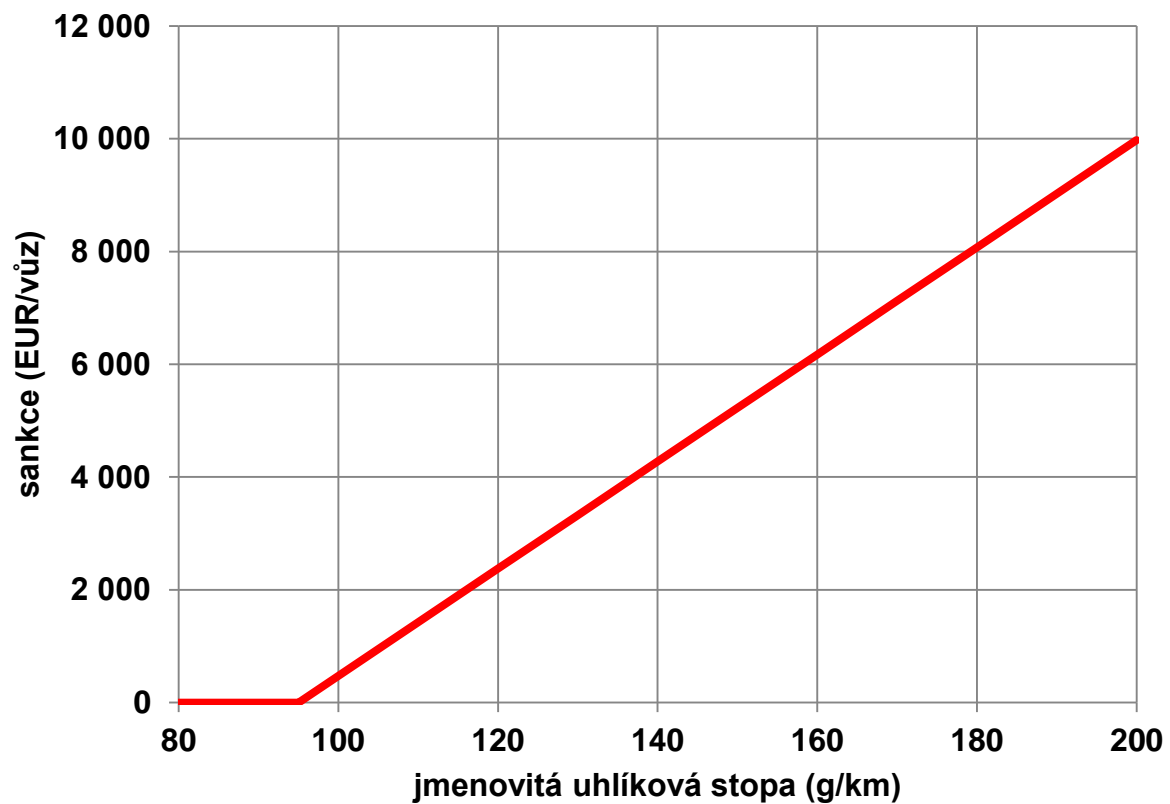


maximální měrný výkon slunečního záření na povrchu ČR	1,05 kW/m ²
poměr středního a maximálního výkonu slunečního záření	12 %
střední měrná energie slunečního záření na povrchu ČR	11 050 000 kWh/ha/rok
účinnost FV článků	20 %
účinnost rozvodu a měničů	90 %
poměr plochy FV panelů k ploše pozemku (kombinovaná agro FV.....)	50 %
střední měrná energie agro FV elektrárny v podmínkách ČR	1 000 000 kWh/ha/rok
spotřeba elektrické energie pro 100 % pokrytí dopravy v ČR elektřinou.....	28 TWh/rok
potřebná plocha pozemků.....	28 000 ha
maximální výkon FV elektrárny	26 GW
střední výkon FV elektrárny	3,2 GW
současná pěstební plocha řepky olejné v ČR	400 000 ha
poměr plochy kombinované agro FV k současné pěstební ploše řepky olejné	7 %

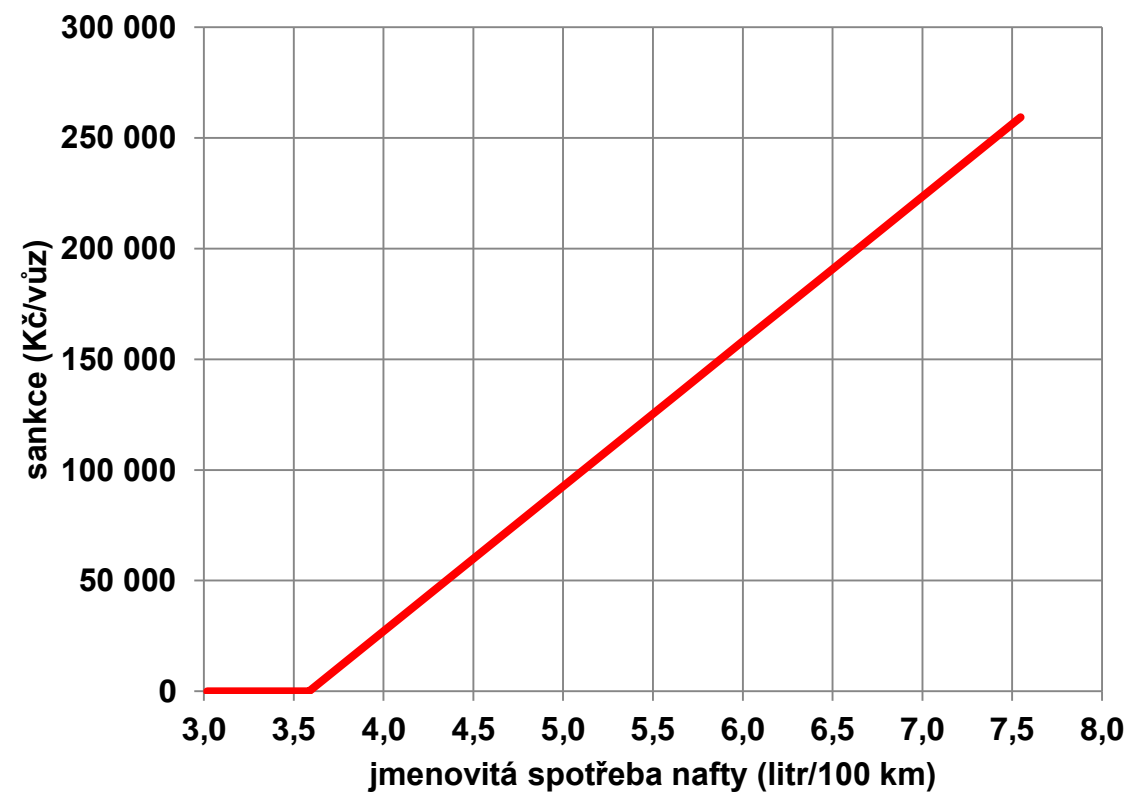
⇒ FV proces má 600 vyšší účinnost přeměny energie slunce, než řepka v kombinaci se spalovacím motorem,

⇒ spotřebu energie pro 100 % elektrickou dopravu v ČR pokryje agro FV na ploše 7 % řepkových polí.

sankce za uhlíkovou stopu
(EU 443/2009)



sankce za uhlíkovou stopu
(EU 443/2009)



Exhalace jsou hodnoceny za celou flotilu roční produkce automobilů.

Aby mohly automobilky nadále vyrábět a prodávat trhem požadované automobily se spalovacími motory, překračující limit 95 g CO₂/km (ten odpovídá spotřebě nafty 3,6 litr/100 km – takové auto lze sice vyrobit, ale ne prodat, lidé mají v oblibě mohutná auta), musí výrobci automobilů do celkové produkce zařadit odpovídající počet bezemisních vozidel – elektromobilů.

Příklad: Konvenční automobily se spotřebou 4,7 litr/100 km (uhlíková stopa 125 g CO₂/km) mohou tvořit jen 76 % roční produkce, zbývajících 24 % musí být elektromobily (s uhlíkovou stopou 0 g CO₂/km):

$$0,76 \cdot 125 \text{ g CO}_2/\text{km} + 0,24 \cdot 0 \text{ g CO}_2/\text{km} = 95 \text{ g CO}_2/\text{km}$$

Proto automobilový průmysl tak intenzivně investuje do zahájení velmi početné sériové výroby elektrických automobilů po roce 2020.

Továrny na výrobu automobilů v ČR produkovat ročně stovky tisíc elektrických automobilů s trendem dalšího růstu (viz přísnější emisní limity od roku 2025).

Nikoliv z důvodu podpory výrobců automobilů (pro ty představuje tuzemský trh jen 8 % odbytu), ale pro zdravé životní prostředí je v zájmu jednotlivých měst, aby vybudováním infrastruktury pro nabíjené umožnily jejich provoz a z toho plynoucí přínosy v oblasti čistoty ovzduší. Základem je vytvoření podmínek pro pomalé noční nabíjení při parkování. A to i obyvatelům bytových domů (60 % populace ČR).

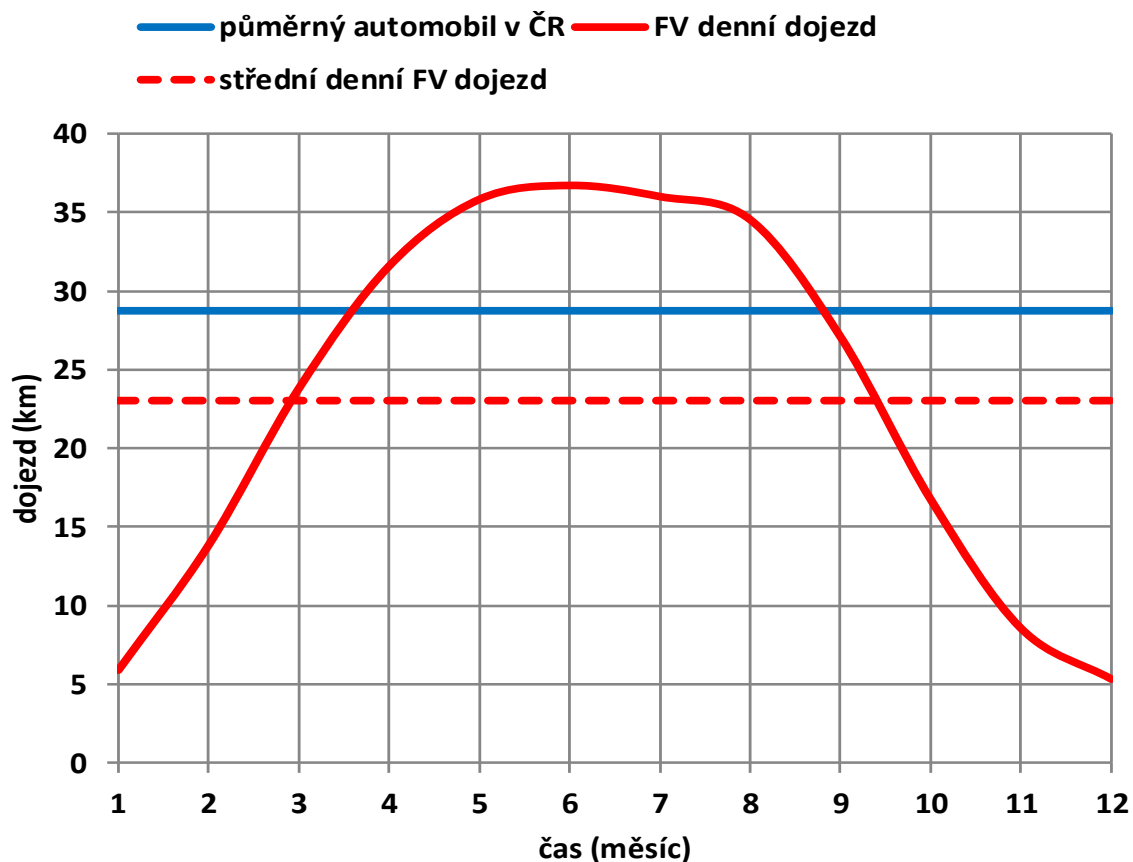
Vybavení parkovacích míst zásuvkami 1 x 230 V/16 A umožní za 8 hodin levného nočního tarifu nabít automobil na dojezd 150 km.

Přitom střední denní proběh automobilu v ČR je 28 km (10 200 km/rok) a střední denní doba parkování automobilu je v ČR 23 hodin a 36 minut (střední denní doba provozu osobního automobilu v ČR činí jen 24 minut).

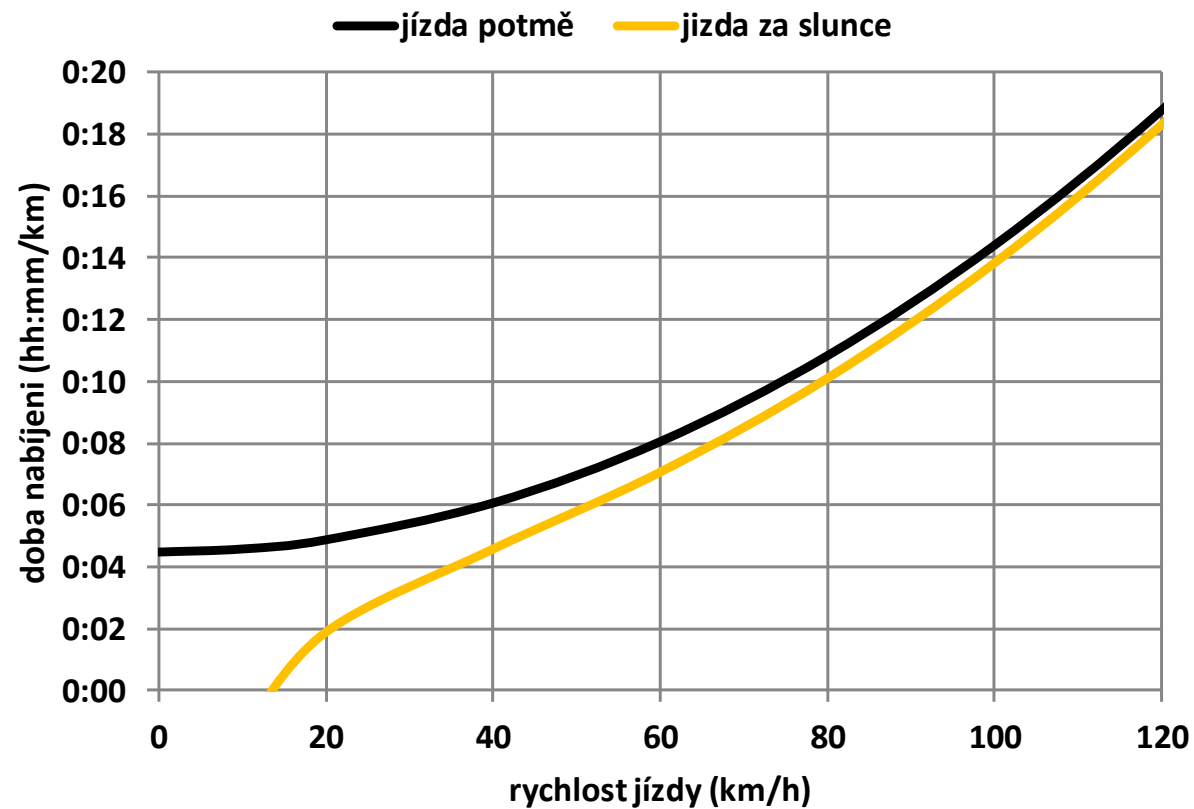
Pro delší cesty vytváří stát podporou železniční dopravy a zejména budováním vysokorychlostních železnic občanům podmínky pro podstatně rychlejší, pohodlnější a energeticky méně náročné cestování.

Elektrický automobil s FV karoserií: ročně 8 400 km ze Slunce (ekvivalent 380 litrů nafty ročně zdarma)

denní dojezd elektromobilu (0,15 kWh/km) při
povrchovém nabíjení 6 m²



nepřímé solární napájení 6 m²: doba nabíjení sluncem
pro následnou jízdu



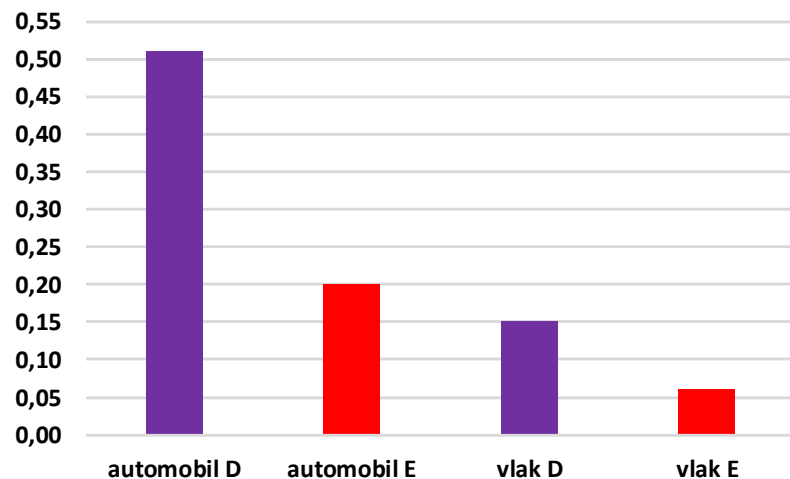
Energetické a environmentální přednosti železnice

Nízký odpor valení ocelového kola po ocelové kolejnici a nízký aerodynamický odpor dlouhých štíhlých ve vlaku v zákrytu jedoucích železničních vozidel vyžadují ve srovnání s automobily výrazně nižší trakční energii.

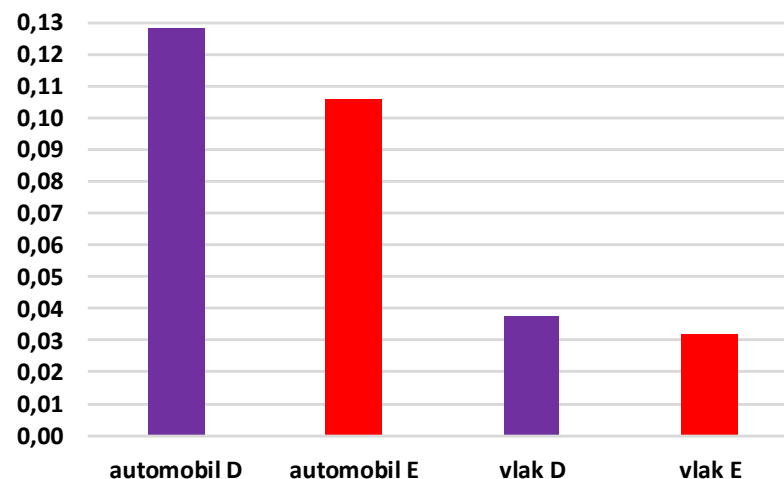
Vysoká účinnost elektrického trakčního pohonu a jeho schopnost využívat při rekuperačním zastavovacím a spádovém brzdění kinetickou i potenciální energii vlaku dále snižují energetickou náročnost železniční dopravy v elektrické vozbě.

Klesající podíl fosilních paliv v energetickém mixu výroby elektřiny snižuje uhlíkovou stopu elektrických vozidel

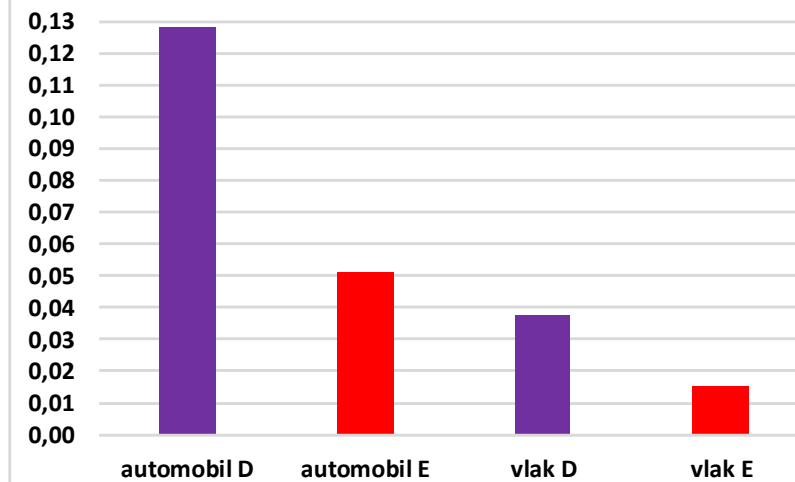
směrné hodnoty měrné spotřeby energie
(kWh/os km)



směrné hodnoty produkce CO₂ (kg/os km) ČR
2018



směrné hodnoty produkce CO₂ (kg/os km) ČR
2040 (SEK)



Nástroj k extramodálním úsporám v nákladní dopravě: interoperabilní vysoce výkonné elektrické lokomotivy

SIEMENS
Ingenuity for life

1 TEU = dvacetistopý kontejner

- rozměry: 8' x 8' x 20'
- 2,438 m x 2,438 m x 6,096 m,
- hmotnost cca 15 t

Silniční doprava

- 1 automobil 2 TEU, 90 km/h
 - spotřeba 48 litrů nafty na 100 km
- => 0,24 litru nafty na 1 kontejner a 1 km
=> 2,4 kWh na 1 kontejner a 1 km

Železniční doprava

- 1 vlak, 96 TEU, 100 km/h
 - spotřeba 29 kWh elektrické energie na 1 km
- => 0,3 kWh na 1 kontejner a 1 km

=> jeden vlak nahradí 48 nákladních automobilů

=> spotřeba energie pro dopravu jednoho kontejneru je 8 krát menší

Ale i nákladní vlaky musí jezdit rychle a včas. Také na zboží někdo čeká.



Nástroje k extramodálním úsporám energie a exhalací v osobní dopravě: rychlost a pohodlí

SIEMENS
Ingenuity for life

Převod osobní dopravy ze silnic (naftové automobily) na elektrizované železnice:

- zhruba 8 x nižší spotřeba energie,
- zásadní snížení globálních exhalací oxidu uhličitého, způsobujících klimatické změny,
- úplné odstranění lokálních exhalací poškozujících zdraví obyvatelstva,
- aktivní využití času stráveného cestováním (train office)

Podmínka: rychlost a kvalita => „pohodlím k úsporám energie“

Roční efekt náhrady jízd automobilů flotilou 7 jednotek railjet: 72 000 t CO₂/rok, ekvivalent 10 000 ha lesa.



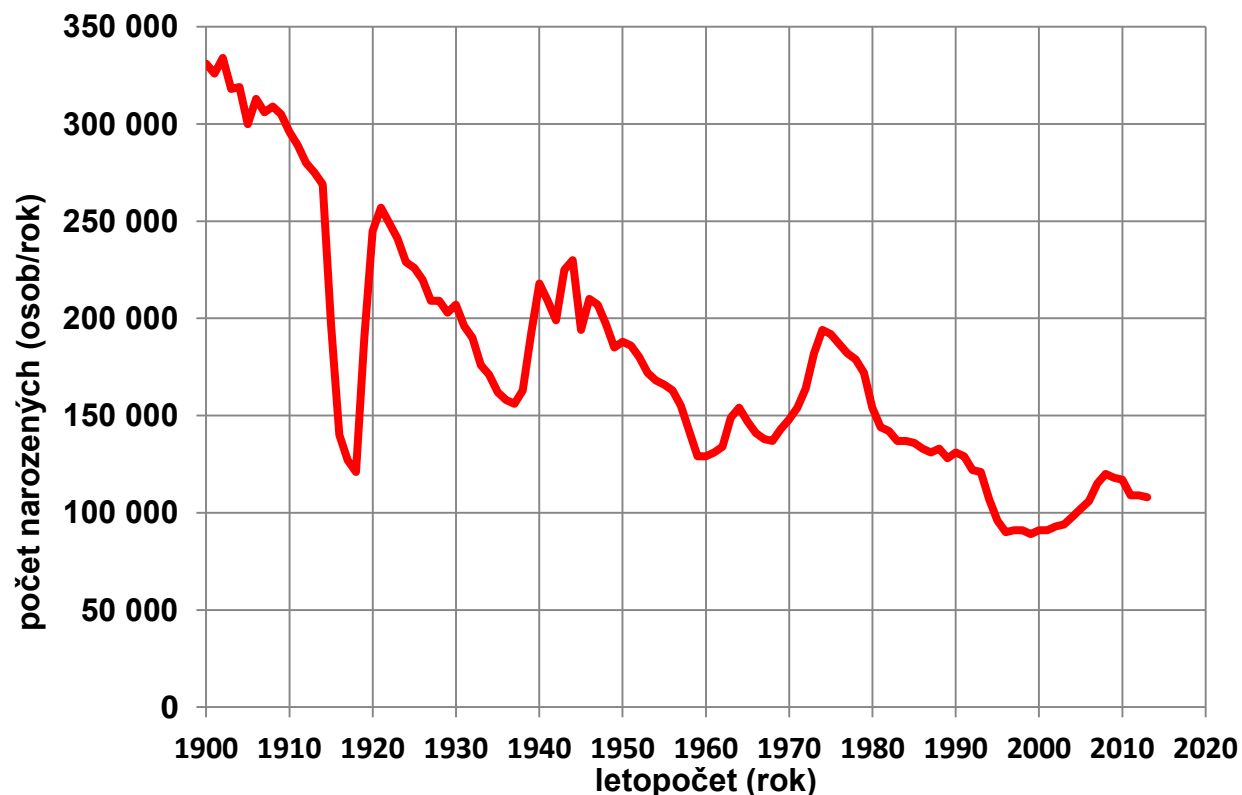
Vývoj reprodukční schopnosti obyvatelstva ČR

V rozmezí let 2002 až 2018 ubylo v ČR cca 1 200 000 pracovních sil.

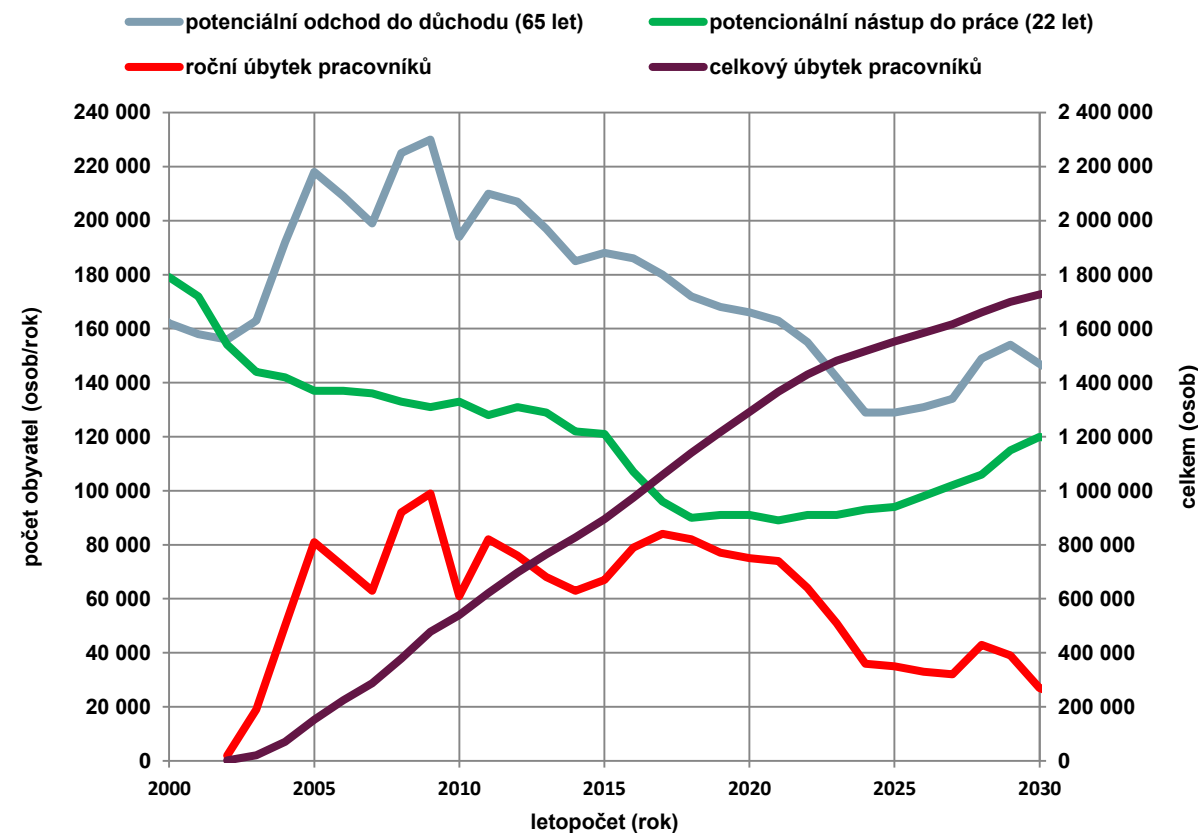
Aktuálně se podnikům v ČR nedostává 350 000 pracovních sil.

Úbytek pracovních sil tempem zhruba minus 80 000 osob / rok bude pokračovat.

demografický vývoj v ČR



důsledky demografického vývoje v ČR

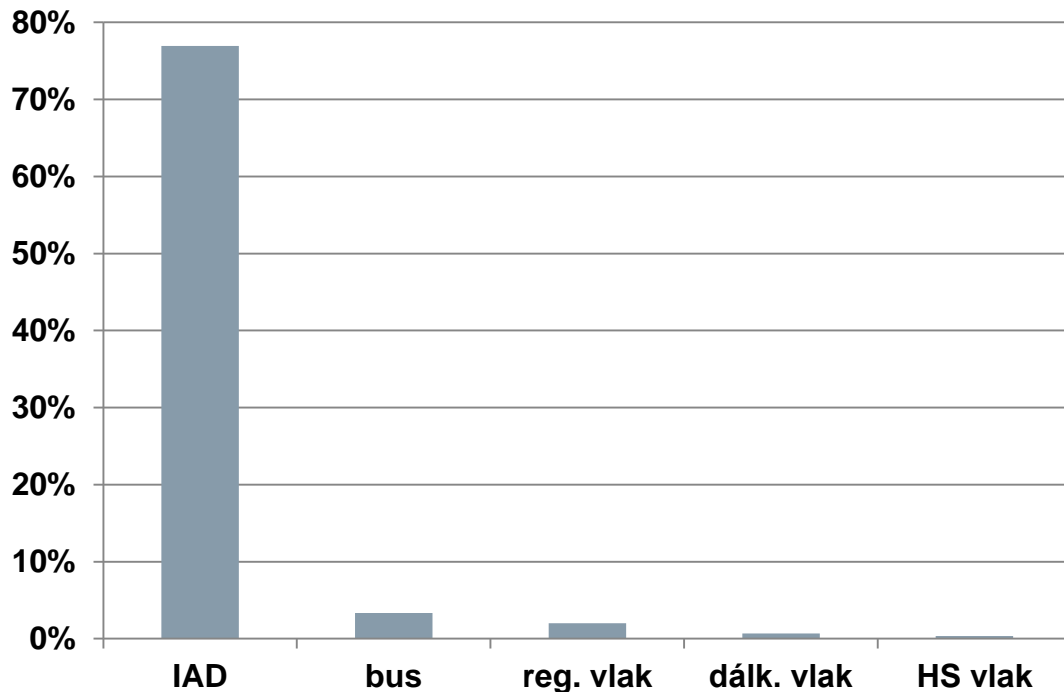


Úspory nejen energie, ale i času stráveného cestováním

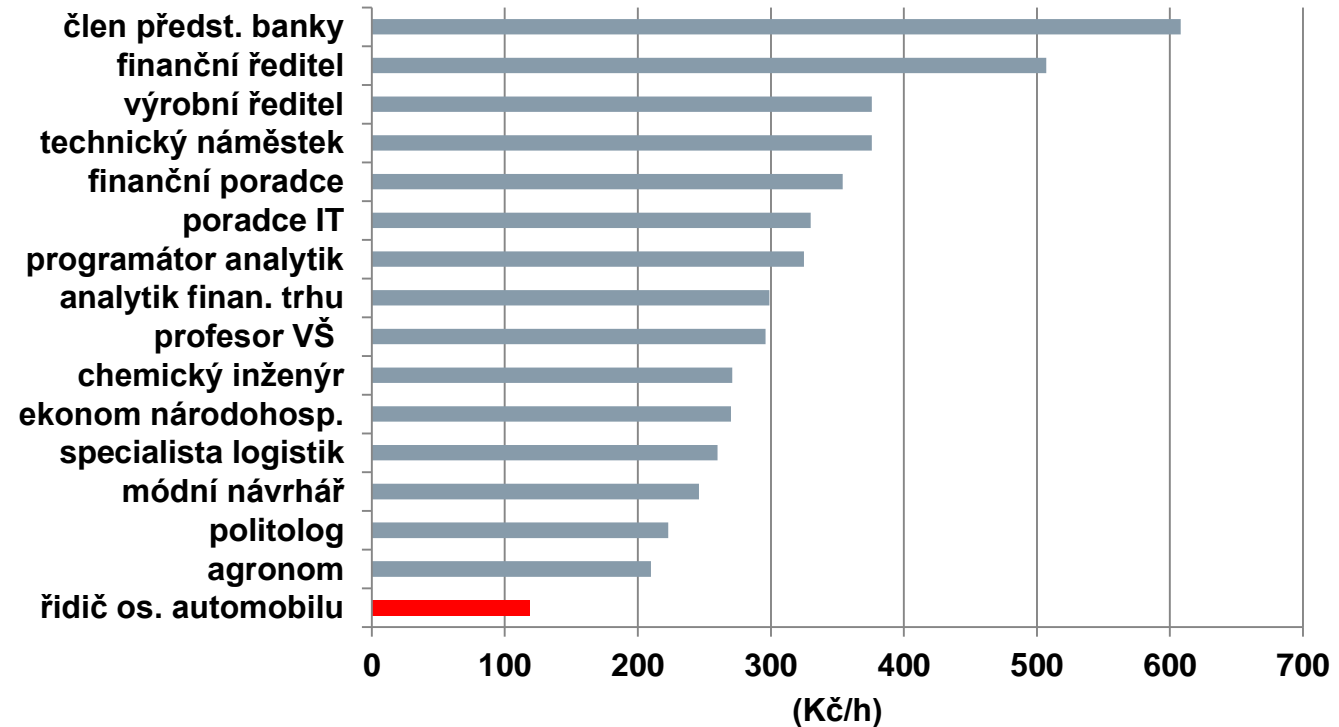
Individuální doprava zatěžuje mnoho osob řízením. Hromadná doprava umožňuje produktivně využít čas strávený cestováním (Train Office).

V individuální dopravě je plýtváno časem vysoce kvalifikovaných osob. V ČR aktuálně chybí 350 000 pracovních sil. Celková doba věnovaná v ČR řízení automobilu reprezentuje fond pracovní doby 400 000 lidí.

podíl osob zaměstnaných řízením



Průměrný hodinový výdělek v ČR v roce 2016 (MPSV ČR)



úspěch koridorů - modernizované tratě a nová vozidla

SIEMENS

Ingenuity for life

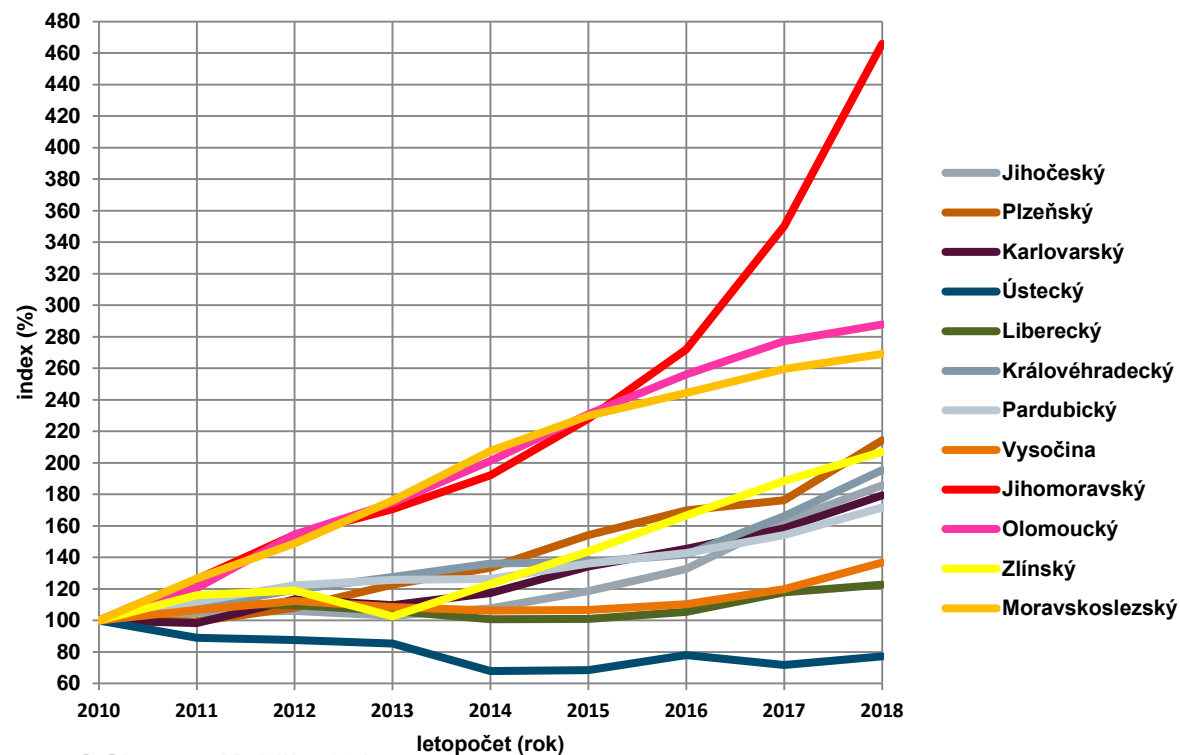
Generátorem růstu přepravních výkonů železniční osobní dopavy je dálková doprava.

Modernizované tratě, taktový jízdní řád a nová vozidla zvýšily atraktivitu přepravní nabídky dálkové železniční dopavy.

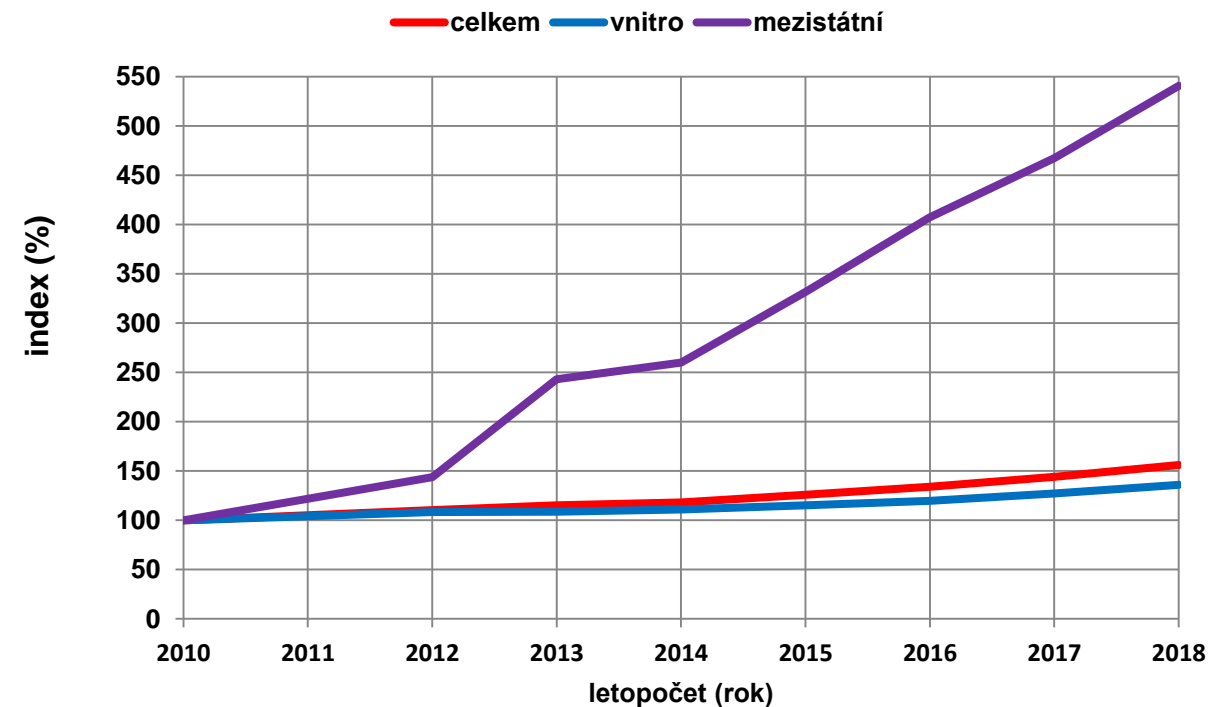
Nastal intenzivní rozvoj dálkové železniční dopavy mezi Prahou a kraji (přeprava cestujících vzrostla mezi roky 2010 a 2018 na 188 %, přepravní výkony vzrostly v průběhu 8 let v průměru na 220 %).

Mezistátní osobní železniční přeprava narostla v průběhu 7 let 2010 až 2017 na více než pětinasobek.

cestování železnicí z Prahy a do Prahy (rok 2010: 100 %)



přepravní výkony osobní železniční dopavy v ČR (2010: 100 %)



Pilotní úseky vysokorychlostních tratí v ČR (realizace kolem roku 2025)

SIEMENS

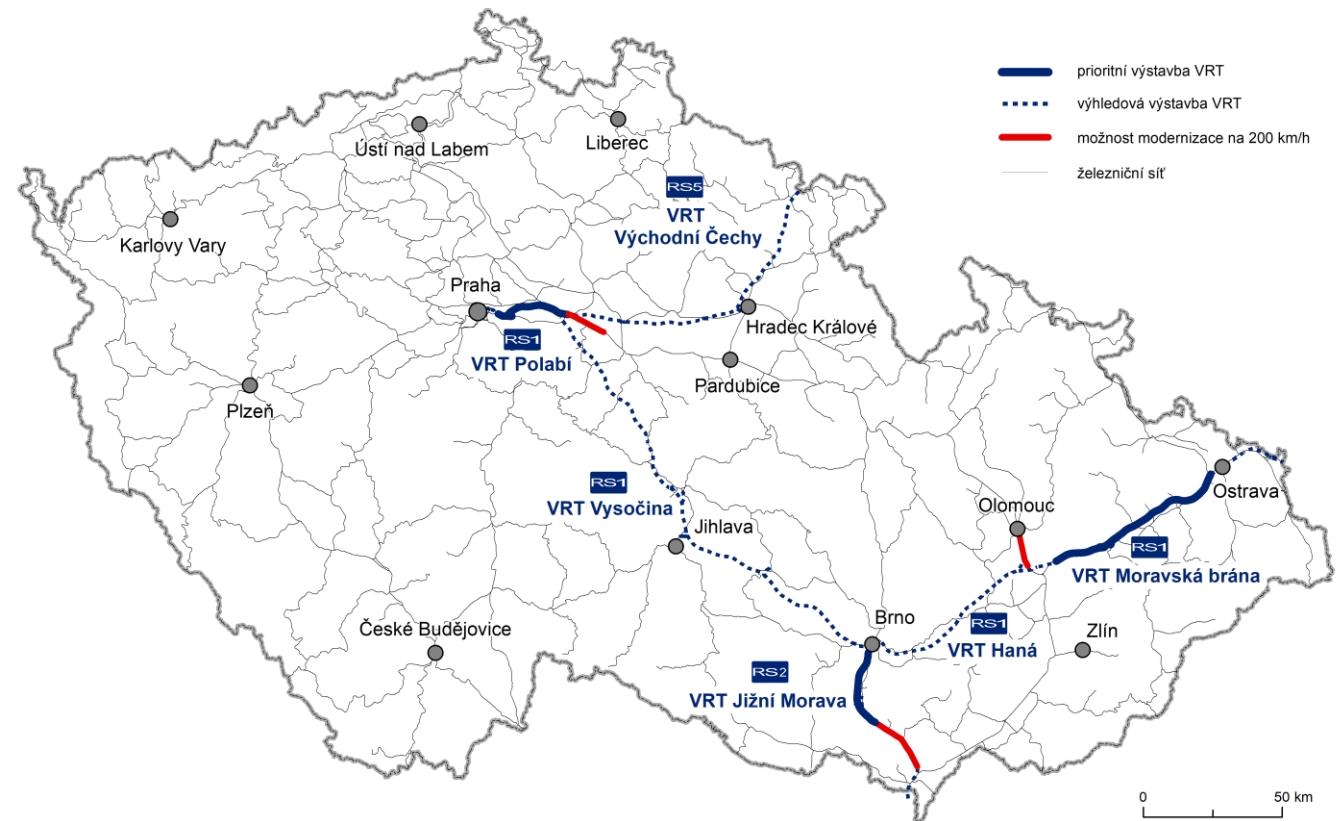
Ingenuity for life

Dvě podmínky vzniku extramodálních úspor energie převodem přepravy cestujících z automobilů na elektrické železnice (pokles spotřeby energie na 13 %:

- motivace cestujících vyšší rychlostí a vyšším pohodlím,
- vytvoření vyšší přepravní kapacity.

Přínosy pilotních projektů vysokorychlostních železnic:

- zvýšení rychlosti dálkových vlaků na 230 km/h (první úseky) a následně 320 km/h (delší úseky)
- získání další kapacity nové železniční dopravní cesty
- uvolnění konvenčních tratí pro regionální a nákladní dopravu a zvýšení jejich kapacity odkloněním části nejrychlejších vlaků,
- vznik dvou redundantních sítí.



Vysokorychlostní železnice Praha - Brno

Není důvod ztrácet čas (2 hodiny) a energii (75 kWh a 19 kg CO₂ na osobu) jízdou automobilem z Prahy do Brna.

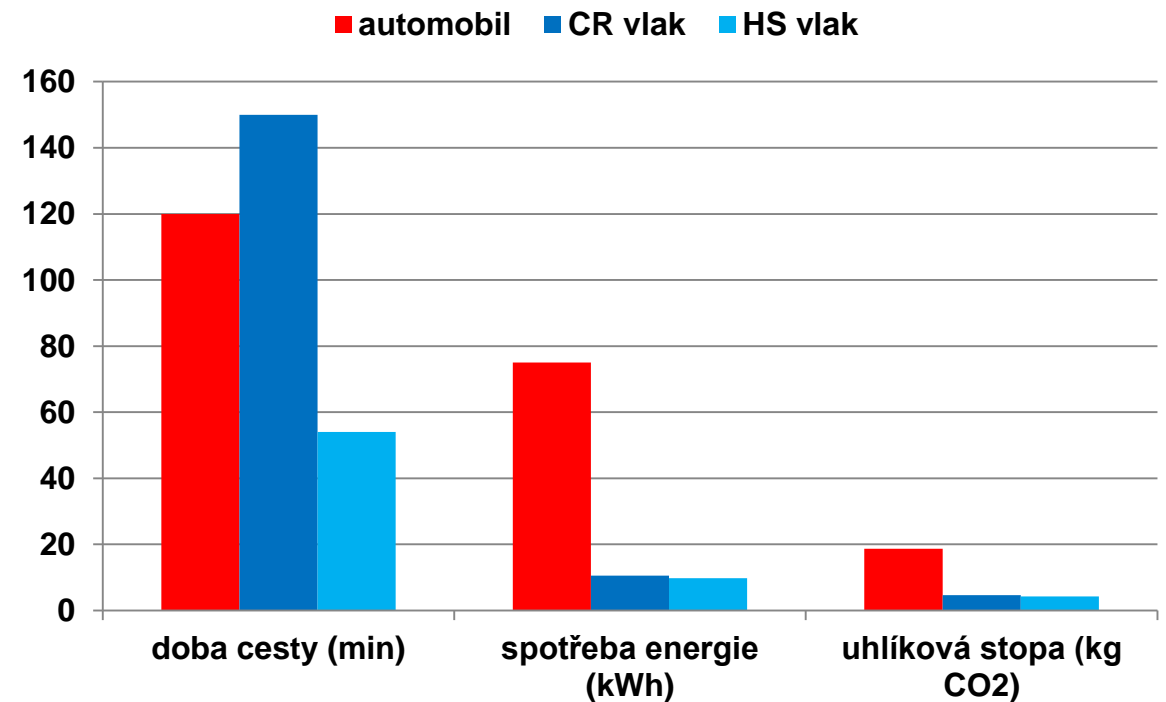
Vysokorychlostní vlak to zvládne za 50 minut (centrum – centrum), respektive za 40 minut (terminál P + CH + R Jirny – terminál P + CH + R Vídeňská) k práci využitelného času (train office).

Spotřebuje k tomu jen 10 kWh a 4 kg CO₂ (perspektivně OZE: 0 kg CO₂) na osobu.



© Siemens Mobility 2019

jedna cesta jednoho cestujícího Praha - Brno



Ukládání elektrické energie

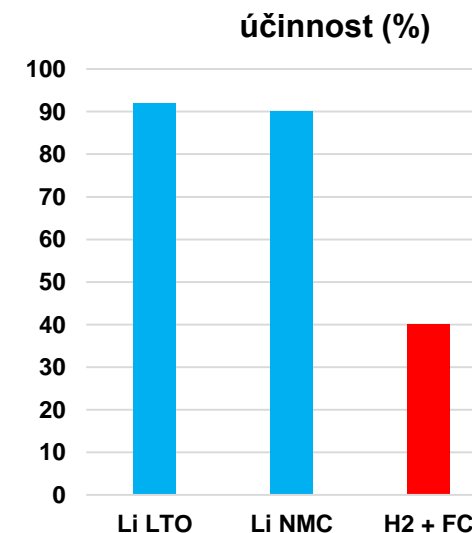
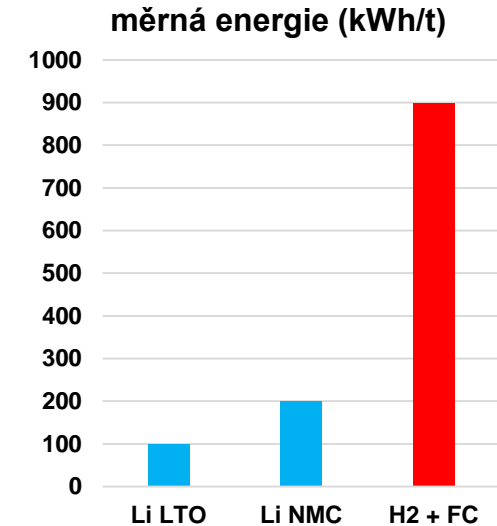
Primární články (otevřený cyklus) - vodík

Palivový článek vytváří elektřinu z vodíku vyrobeného elektrolýzou:

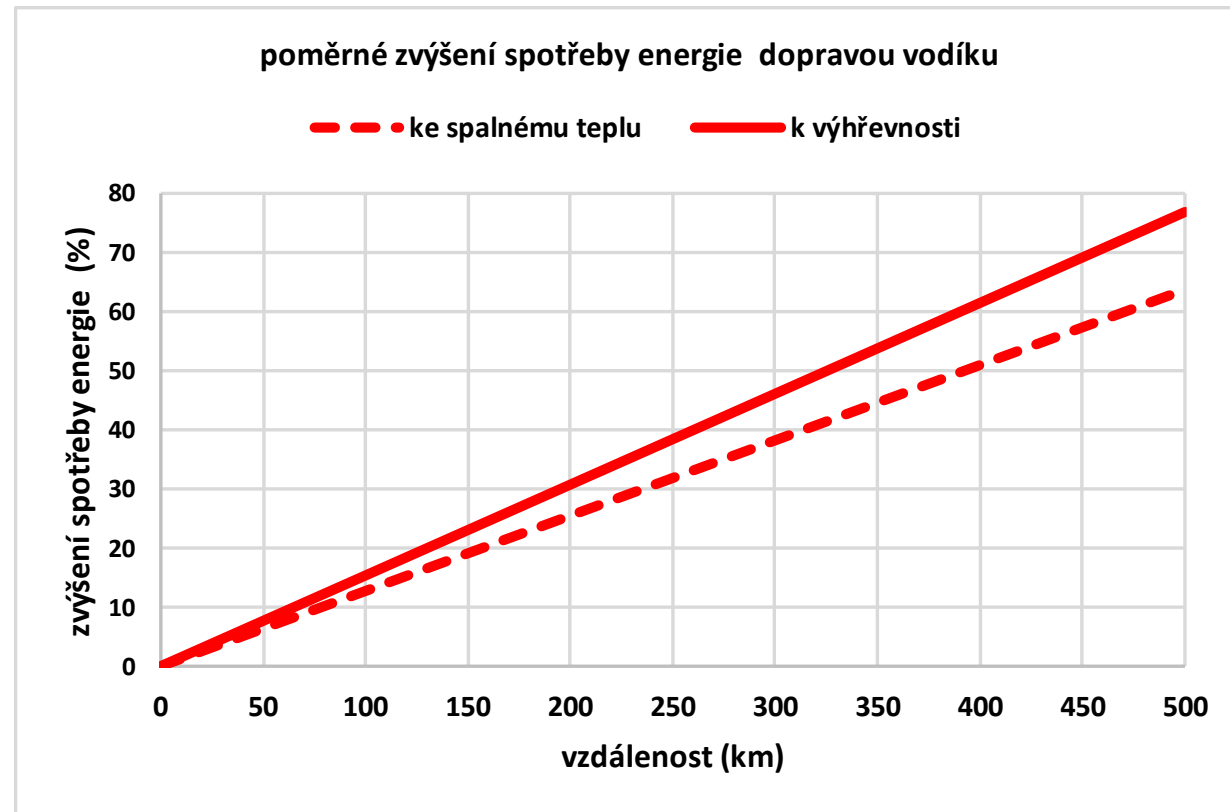
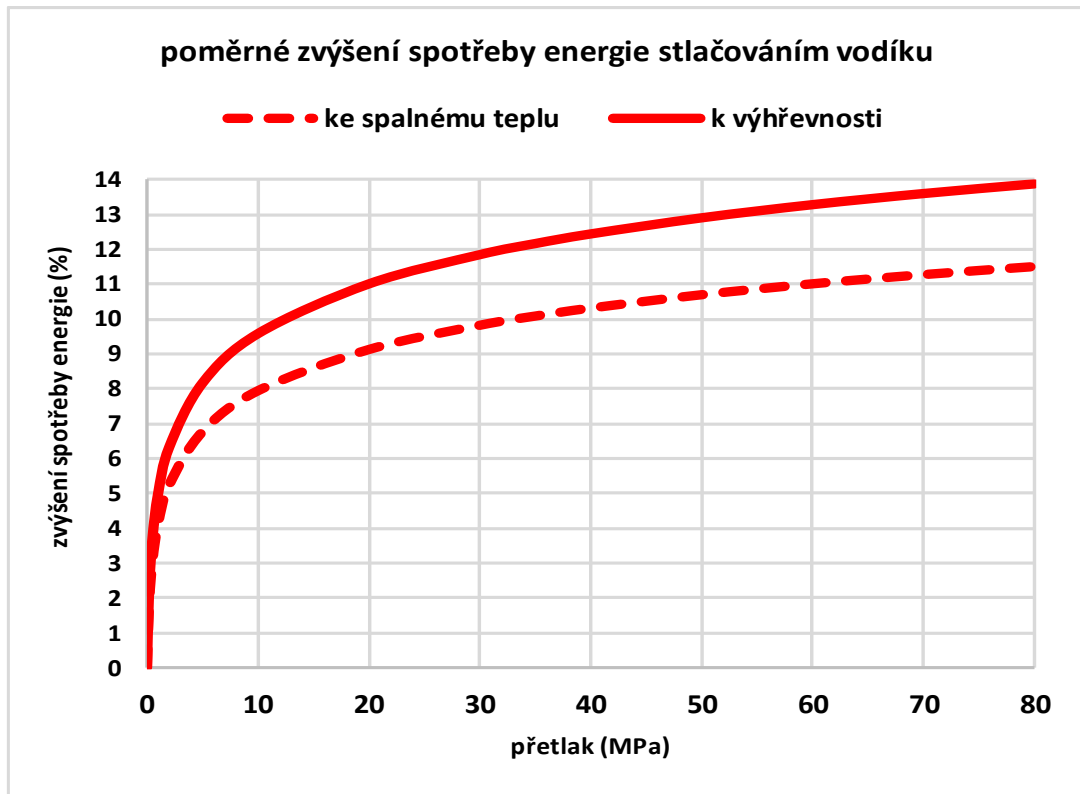
- účinnost řetězce elektrolýza palivový článek (spalné teplo): $60 \cdot 65 \% = 40 \%$ (respektive podle výhřevnosti: $50 \% \cdot 80 \% = 40 \%$)
- měrná energie vodíku je 33 000 kWh/t, avšak tlaková nádoba ji snižuje na 1 500 kWh/t (kompozit) a účinnost palivového článku dále na 900 kWh/t,
- vyžaduje práci stálým výkonem => potřebuje vyrovnávací akumulátor,
- neumí rekuperovat brzdovou energii => potřebuje vyrovnávací akumulátor

Sekundární články (uzavřený cyklus) – lithiové akumulátory

- účinnost kolem 90 %,
- umí pracovat proměnným (i vysokým) výkonem (zejména robustní LTO),
- umí rekuperovat brzdovou energii,
- měrná energie aktuálně (inovacemi trvale roste):
 - HP robustní (LTO) 100 kWh/t (vhodné pro rychlé nabíjení a vybíjení),
 - HE lehké (například NMC) 200 kWh/t (vhodné pro velký dojezd).



Stlačování a doprava vodíku jsou energeticky náročné procesy:

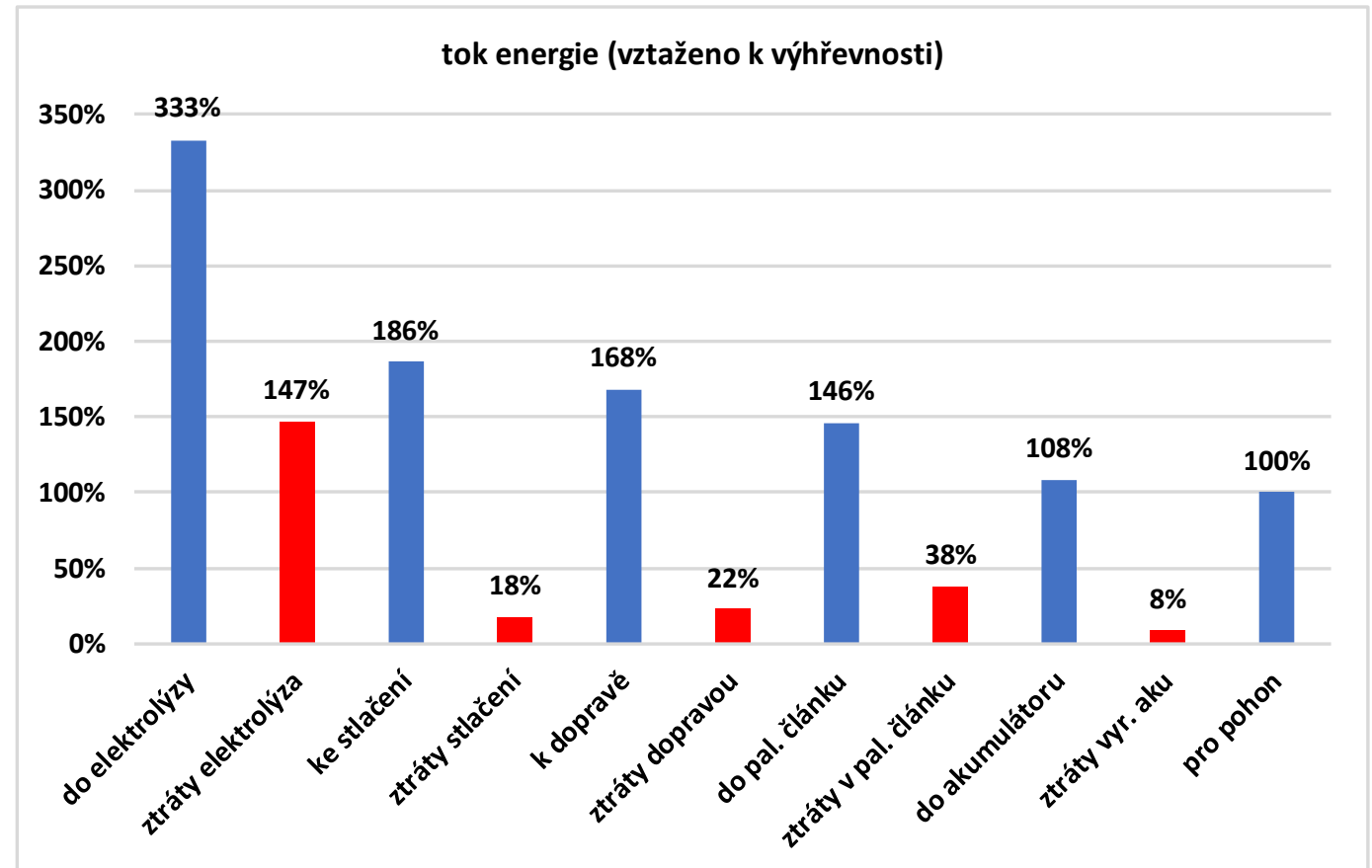
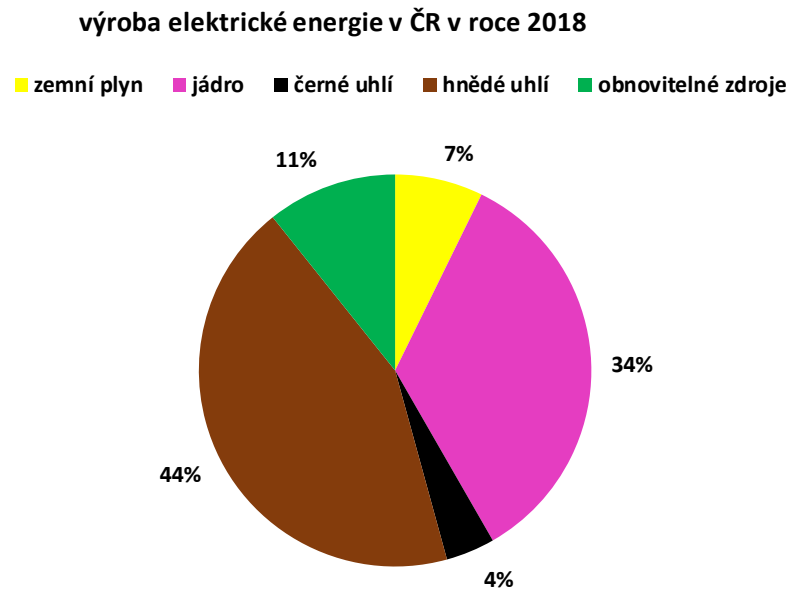


Příprava vodíku pro vozidla s palivovými články (20. století)

Úhel pohledu tradiční energetiky s dominantním podílem regulovatelných tepelných elektráren

=> limitem je energetická bilance (kWh)

Nízká účinnost řetězce energetických přeměn je nevýhodou.



Příprava vodíku pro vozidla s palivovými články (21. století)

Úhel pohledu moderní energetiky s dominantním podílem neregulovatelných obnovitelných zdrojů

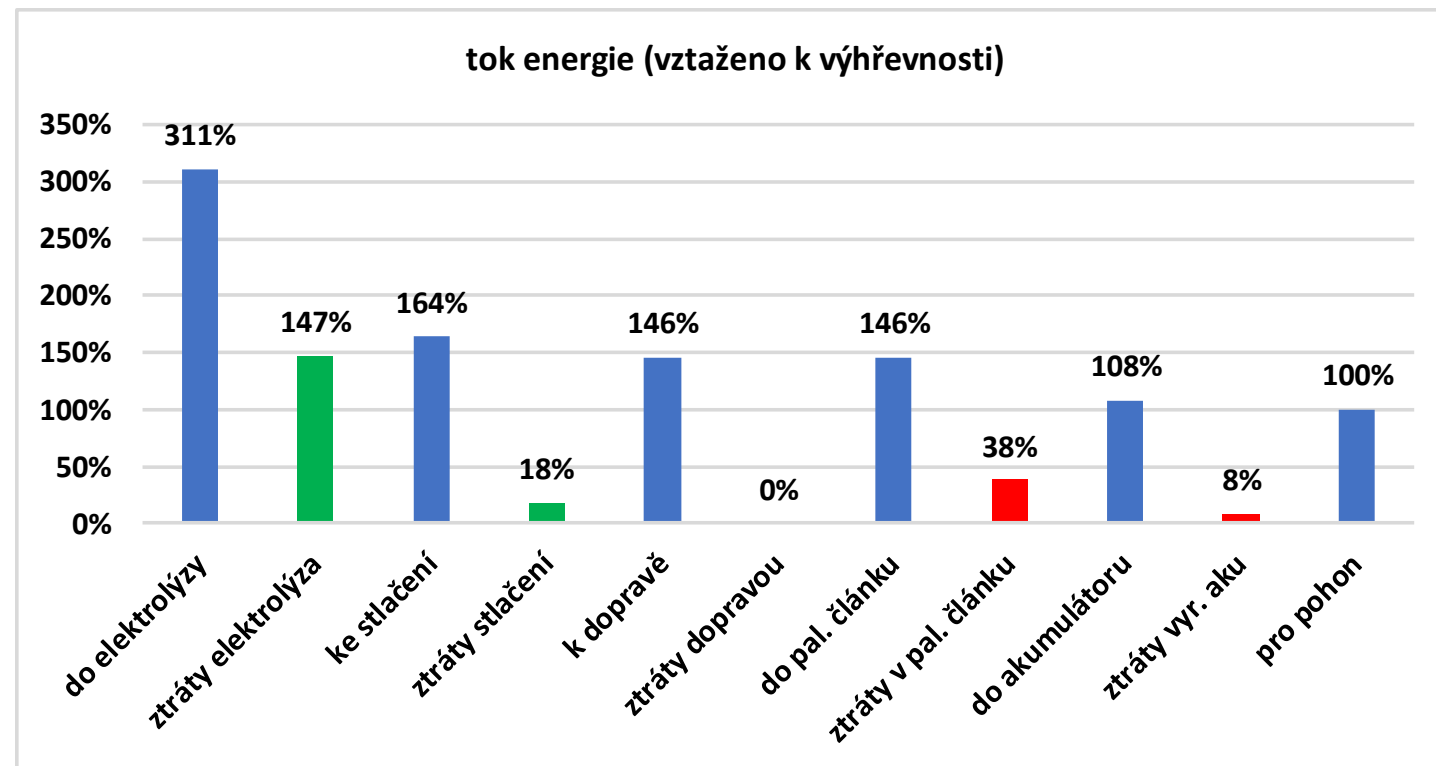
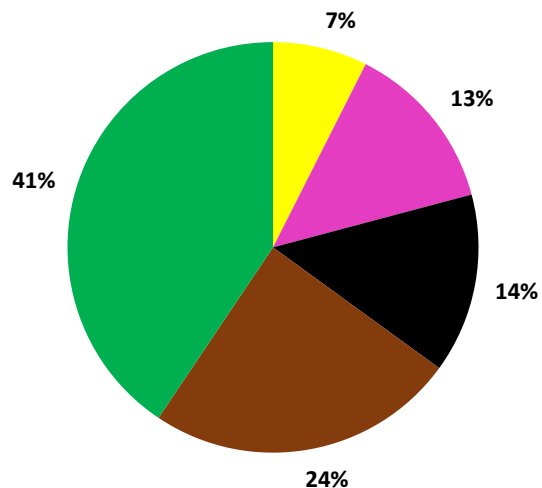
=> ve střední hodnotě je energie dostatek, limitem je okamžitá výkonová bilance (kW)

Nízká účinnost řetězce energetických přeměn není zásadním tématem, neboť k elektrolýze je využívána levná elektrická energie z přebytku okamžitého výkonu obnovitelných zdrojů („když fouká a svítí“).

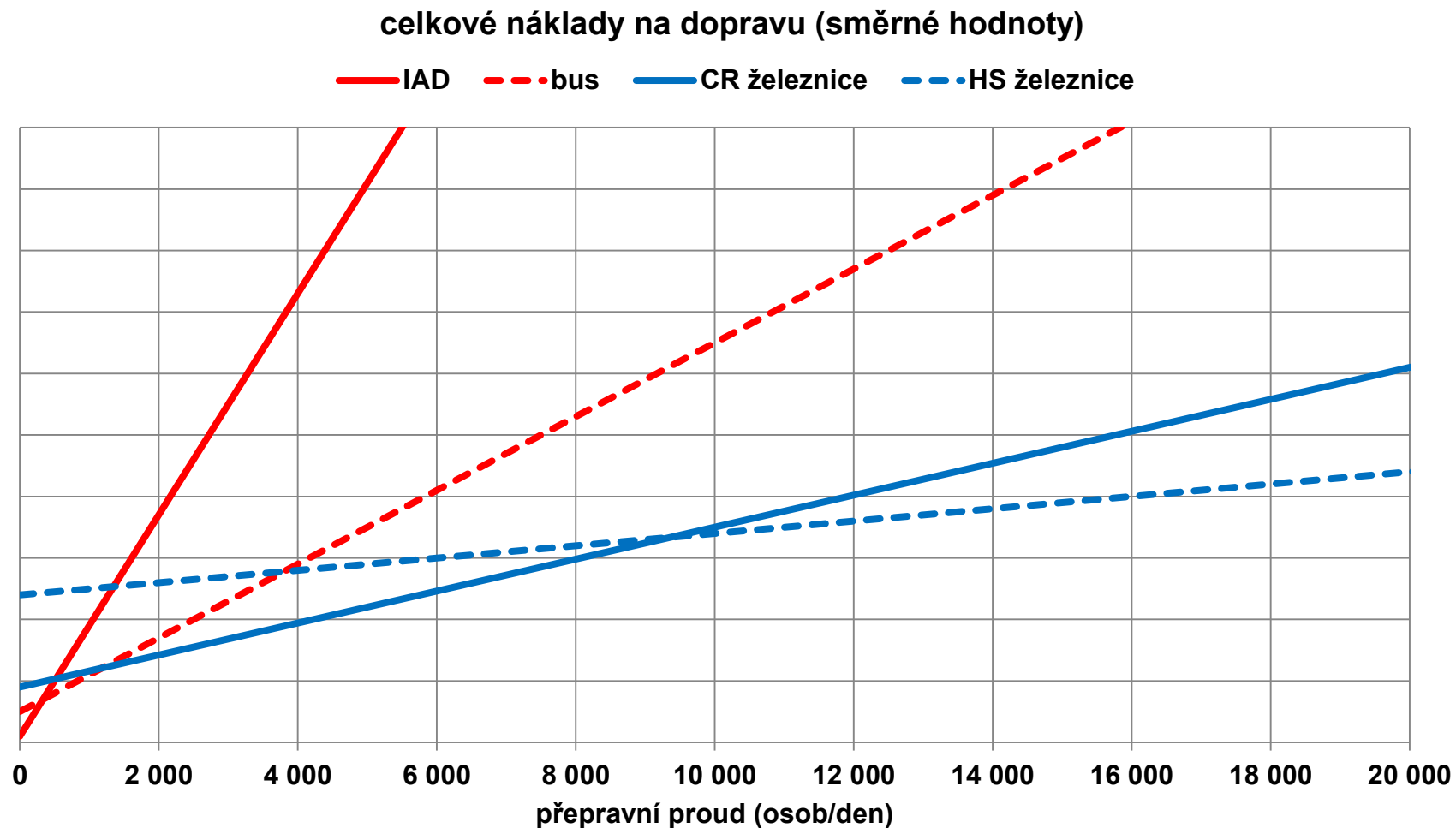
Aplikace vodíku v dopravních prostředcích je úzce spojena s přechodem energetiky na obnovitelné zdroje.

výroba elektrické energie v Německu v roce 2018

zemní plyn jádro černé uhlí hnědé uhlí obnovitelné zdroje



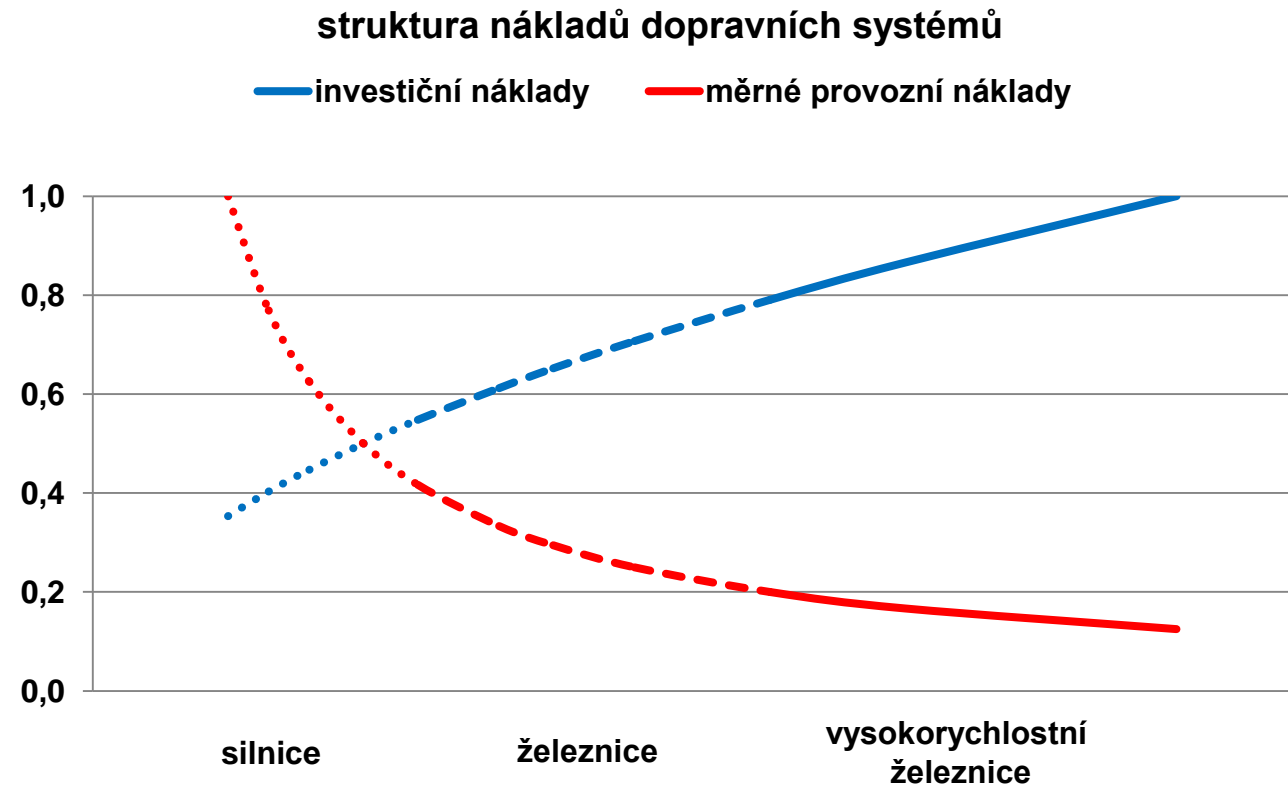
Základní princip multimodální mobility: optimální poměr fixních (investičních) a variabilních (provozních) nákladů



Řízení výběru dopravního módu intenzitou přepravy

**Slabá přepravní poptávka: preference minimálních investičních nákladů
(i za cenu dražšího provozu).**

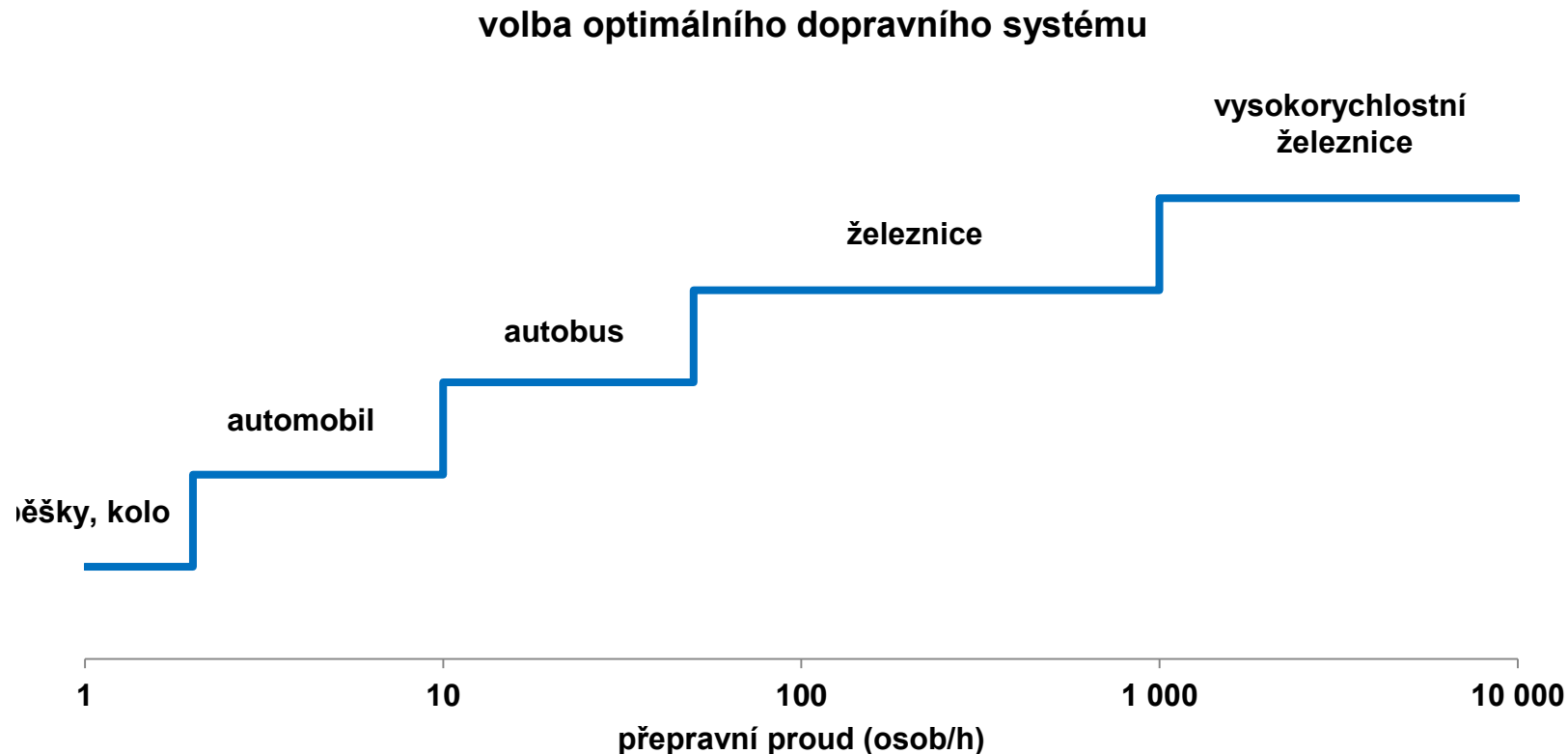
**Silná přepravní poptávka: preference minimálních provozních nákladů
(i za cenu dražších investic).**



Nikoliv konkurence, ale kooperace dopravních módů

Poloprázdný autobus či vlak je vhodné nahradit automobilem.

Dálnici plnou automobilů má logiku nahradit vysokorychlostní železnicí



Základní principy udržitelné bezemisní multimodální mobility (1): pohon



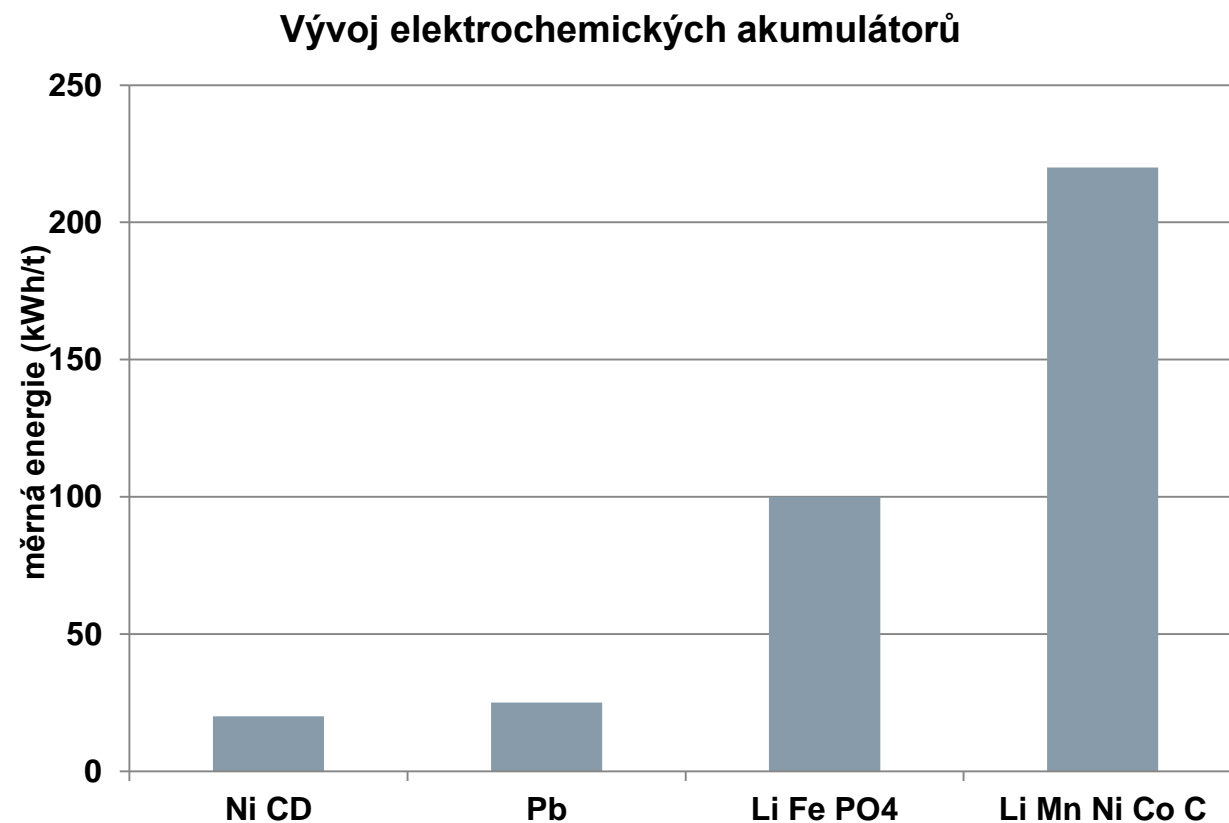
Úplný odklon od používání jakýchkoliv spalovacích motorů:

- vysoká energetická náročnost (2/3 energie paliva se mění ve ztrátové teplo),
- produkce oxidu uhličitého způsobuje nežádoucí nevratné změny klimatu,
- produkce jedovatých emisí vážně poškozuje lidské zdraví,
- absence rekuperačního brzdění (neschopnost využívat kinetickou a potenciální energii).

⇒ výhradní použití elektrické vozby

- kombinace liniového napájení (silné přepravní proudy) a akumulátorového napájení (slabé přepravní proudy),
- vazba na intenzivní pokrok v lithiových akumulátorů i liniového napájení (měničové trakční napájecí stanice, inteligentní sběrače),
- vazba na intenzivní pokrok v oblasti elektrických trakčních pohonů (motory, měniče, řízení).

Od 20. století k 21. století: Moderní lithiové akumulátory již mají osminásobně větší měrnou energii, než olověné



Základní principy udržitelné bezemisní multimodální mobility (2): řízení vozidel



Úplný odklon od manuálního řízení jakýchkoliv vozidel:

Technicky principiálně zvládnuto (Průmysl 4.0: lidem tvořivou práci, strojům opakovanou práci), nyní ve fázi validace.

Motivace:

- veřejná hromadná doprava: optimalizace provozní koncepce a jízdních řádů bez ohledu na dostatek řidičů, mzdové náklady a zákoník práce,

- individuální doprava: zpřístupnění automobilů všem vrstvám obyvatelstva bez ohledu na jejich věk, zdraví a schopnosti.

=> není nutno plýtvat veřejnou hromadnou dopravou v oblastech slabé přepravní poptávky

=> odstranění nehod způsobených nekázní řidičů,

=> aktivní využití času stráveného cestováním (není potřeba ztrácet čas řízením)

=> vznik nové kategorie „veřejná individuální doprava“ (bezobslužné taxi)

Základní principy udržitelné bezemisní multimodální mobility (3): vlastnictví vozidel

Úplný odklon od vlastnictví jakýchkoliv vozidel:

Automobil (elektrický, autonomní) nikoliv jako majetek, ale jako služba, jako jedna z mnoha aplikací na mobilním telefonu.

Nevýhody privátního vlastnictví automobilů:

-průměrný automobil je v ČR využívám denně jen 24 minut (1,7 % času), zbývajících 23 hodin a 36 minut denně jen překáží a ztrácí svojí hodnotu,

- každý zaparkovaný automobil představuje zhruba rok zbytečně vynaložené práce nějakého člověka,

- velká prostorová náročnost parkování (mnohé parkovací pozemky mají vyšší hodnotu, než automobil, které na nich stojí).

⇒přichází vítaná možnost vrátit městům atraktivní plochy, dosud dočasně obsazené parkujícími automobily,

⇒významný růst produktivity práce a efektivnosti investic – možnost zkrácení pracovní doby, delší dovolené a podobně. Věnujme se rodině, ne majetku.

Základní principy udržitelné bezemisní multimodální mobility (4): přirozená preference hromadné dopravy

Ve směrech silných a pravidelné dopravy je logická orientace na veřejnou hromadnou dopravu, zejména kolejovou.

Výhody hromadné dopravy jsou zásadní:

- výrazně vyšší rychlost,**
- výrazně vyšší pohodlí,**
- lepší využití času stráveného cestováním,**
- nižší energetická náročnost,**
- vyšší efektivita využívání investic do dopravních prostředků**

**=> Individuální dopravu používat ve směru slabých a nepravidelných přepravních proudů
(tam a jenom tam)**

Základní principy udržitelné bezemisní multimodální mobility (5): kooperativnost a komplementárnost



Nikoliv konkurence, ale vzájemná spolupráce jednotlivých druhů dopravy:

- jednotlivé druhy dopravy aplikovat tam, kde vyniknou jejich výhody, nikoliv jejich nevýhody,
- princip první a poslední mile (individuální dopravou k hromadné dopravě, individuální dopravou od hromadné dopravy,
- využití moderní telematiky pro časovou a prostorovou návaznost jednotlivých druhů dopravy (komfortní přestupy)

Automobily nyní procházejí trojicí zásadních inovací:

- náhrada pohonu spalovacím motorem pohonem elektrickým

Přelomový výrok lipského soudu: právo na zdraví je nadřazeno právu na použití určitého dopravního prostředku – emisní vozidla lze zakázat,

- náhrada nezabezpečeného manuálního řízení (SIL 0) zabezpečeným automatickým řízením – lidem bude z bezpečnostních důvodů zakázáno řídit automobily,

- náhrada vlastnictví automobilu službou „automobil jako aplikace na mobilním telefonu“ – lidé nebudou automobily vlastnit, ale budou je užívat (spontánní vznik segmentu veřejné individuální dopravy).

Do výzkumu, vývoje a realizace těchto trendů jsou zapojeny miliony velmi kreativních techniků z průmyslu po celém světě a investovány stovky miliard USD/EUR. Je reálné očekávat úspěšnost těchto vývojových trendů.

Dekarbonizace dopravy je reálně řešitelná, technické nástroje k tomu existují a budou stále vyspělejší a ekonomicky výhodnější.

Zásadním tématem je propojení dopravy s energetikou a s péčí o životní prostředí a to jak z pohledu globálních exhalací, tak i z pohledu lokálních exhalací.

Přednáška byla realizována v rámci projektu Nová mobilita - vysokorychlostní dopravní systémy a dopravní chování populace. Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání výzva č. 26: Dlouhodobá mezisektorová spolupráce CZ.02.1.01/0.0/0.0/16_026/0008430

SIEMENS
Ingenuity for life



Jiří Pohl
Senior Engineer
Enginering
Siemens Mobility, s.r.o.

Siemensova 1
155 00 Praha
Česká republika

Mobilit: +420 724 014 931

E-mail: jiri.pohl@siemens.com



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MSMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY